



Sborník příspěvků
z mezinárodní vědecké konference

CzechSTAV 2012

TRENDY VE STAVEBNICTVÍ

22. – 26. října 2012

Hradec Králové, Česká republika


Czech**STAV**
konference

Odborné sekce konference | Conference Sessions:

Stavební procesy | Building processes
Inovace ve stavebnictví | Innovation in buildings
Risk Management, Project Management, bezpečnost práce | Risk Management, Project Management, Labour protection
Stavební materiály | Construction materials
Trendy stavebně technologické přípravy | Trends of building technology preparation
Ekonomika a vyhodnocování technologií | Economy and technology evaluation
Stavební teorie | Construction Theory

Editor, úprava, realizace | Edit, Published by:

© MAGNANIMITAS, Hradec Králové, Česká republika, 2012
Magnanimitas, Hradec Králové, 2012

ISBN 978-80-905243-1-6

Upozornění | Warning:

Všechna práva vyhrazena. Rozmnožování a šíření této publikace jakýmkoliv způsobem bez výslovného písemného svolení vydavatele je trestné. | All rights reserved. Unauthorized duplication is a violation of applicable laws.

Certifikovaná vědecká konference | Certificate Conference No.: 2259661207

European Textbook Track Number (ETTN): 040-12-12015-10-8

MAGNANIMITAS Assn. International and ECONFERENCE
is a signatory of Berlin declaration on Open Access
to knowledge in the sciences and humanities.
(<http://oa.mpg.de/lang/en-uk/berlin-prozess/signatoren/>)



Proceedings of the
International Scientific Conference on

CzechSTAV 2012

TRENDS IN BUILDING CONSTRUCTION

October 22 – 26, 2012

Hradec Králové, The Czech Republic

The logo for the CzechSTAV conference. It features the word "Czech" in a standard font, followed by "STAV" in a large, bold, sans-serif font. A horizontal line is positioned below "STAV", and the word "conference" is written in a smaller, lowercase font below the line.

Obsah | Table of Contents

STAVEBNÍ PROCESY | BUILDING PROCESSES

THE MONITORING OF A STRUCTURAL ENVELOPE AND INDOOR SPACE OF AN OBJECT SUBJECTED TO REAL CLIMATE CONDITIONS <i>Janka Katunská</i>	9
THE MOST COMMON DEFECTS AND SHORTCOMINGS ENVELOPE STRUCTURE OF BUILDINGS IN TERMS OF AIRTIGHTNESS - PREFABRICATED APARTMENT BUILDING <i>Maroš Nemec, Róbert Rudišin, Dušan Katunský</i>	15
METHODOLOGY OF MEASUREMENT THE AIRTIGHTNESS OF THE BUILDING ENVELOPE - FAMILY HOUSE AFTER PARTIAL RECONSTRUCTION <i>Maroš Nemec, Róbert Rudišin</i>	20
SANACE VLHKÉHO ZDIVA CHEMICKOU INJEKTÁŽÍ <i>Zuzana Šimová</i>	27
MIKROKLIMA PASIVNÍ DŘEVOSTAVBY V ZÁVISLOSTI NA UŽÍVÁNÍ OBJEKTU <i>Lenka Michnová, Marcela Černíková, Barbora Hrubá a Lubomír Martiník</i>	36

INOVACE VE STAVEBNICTVÍ | INNOVATION IN BUILDINGS

VZDĚLÁVÁNÍ V OBLASTI ENVIRONMENTÁLNÍCH TECHNOLOGIÍ – NOVÉ TECHNOLOGIE A POSTUPY V ÚPRAVĚ PITNÉ VODY A VE VODÁRENSTVÍ <i>Kateřina Slavičková, Iva Čiháková</i>	46
INOVÁCIA VÝROBNÉHO PROCESU DREVOSTAVIEB PROSTREDNÍCTVOM CNC VÝROBY <i>Marek Krajňák, Lubomír Vojtáš</i>	56
VYUŽITÍ JEMNÝCH PODÍLŮ STAVEBNÍ SUTI VZNIKLÝCH PŘI RECYKLACI K REKULTIVACÍM <i>David Čech, Svatava Henková, Martin Štěrba, Václav Venkrbec</i>	66
REVITALIZACE NEDOSTATEČNĚ VYUŽÍVANÝCH STAVEBNÍCH OBJEKTŮ <i>Martin Štěrba, Svatava Henková, David Čech, Václav Venkrbec</i>	73
PREUKÁZANIE POTENCIÁLU PREFABRIKÁCIE V STAVEBNÍCTVE <i>Mária Kozlovská, Marcela Spišáková, Pavol Kaleja</i>	79
SOUČASNÉ PROBLÉMY PANELOVÝCH DOMŮ V ČESKÉ REPUBLICE <i>Václav Venkrbec, Svatava Henková, David Čech, Martin Štěrba</i>	87
LEVEL OF AUTOMATION AND ROBOTICS TECHNOLOGIES IMPLEMENTATION IN ON-SITE CONSTRUCTION <i>Zuzana Struková, Matej Liška</i>	95
INTEGRÁCIA PROGRESÍVNYCH METÓD PROJEKTOVANIA VO FÁZACH NÁVRHU STAVIEB <i>Tibor Šoltés</i>	105
INNOVATIVE POSSIBILITIES AND METHODS - ONE STEP CLOSER TO GREEN VISEGRAD IN THE V4 COUNTRIES <i>Róbert Rudišin</i>	113
ENERGY SAVING - SEASONAL HEAT STORAGE <i>Emese Šiváková, Róbert Rudišin</i>	118

THE DESIGN OPTIONS OF A UNDERGROUND HEAT STORAGE <i>Emese Šiváková, Róbert Rudišín</i>	122
SELECTED PART OF METHODOLOGY FOR MINIMIZING THE NEGATIVE EFFECTS OF NOISE ON WORKERS AND AROUND THE SITE DURING BUILDING CONSTRUCTION <i>Ondrej Kováčik</i>	126
ÚČINKY VETRA A VETERNÁ POHODA CHODCOV V ZASTAVANÝCH OBLASTIACH <i>Olga Hubová</i>	133
BUILDING MATERIALS PROPERTIES CHARACTERISED BY ALTERNATING ELECTRIC FIELD <i>Ivo Kusák, Miroslav Luňák, Luboš Pazdera</i>	139
SUSTAINABLE BUILDING DESIGN IN THE EARLY DESIGN STAGE <i>Martin Jamnický</i>	149
CFD AS THE BASIS OF ASSESSMENT VENTILATED FLOORS <i>Jiří Jurka</i>	154
RISK MANAGEMENT, PROJECT MANAGEMENT, BEZPEČNOST PRÁCE RISK MANAGEMENT, PROJECT MANAGEMENT, LABOUR PROTECTION	
FIRE SIMULATION OF DYSFUNCTIONAL FIRE SEAL <i>Pavla Pechová</i>	160
INFILTRATION OF HEALTH AND SAFETY INTO EDUCATION WITHIN WORKPLACES <i>Lucia Tarábková, Ondrej Kováčik</i>	166
ÚSPĚŠNÉ ŘÍZENÍ KRIZE VE STAVEBNÍM PROJEKTU <i>Michal Vondruška</i>	173
CASE STUDY: EXPORT FINANCING AS A STRATEGIC TOOL FOR PROSPECTIVE EASTERN MARKETS ENTRY <i>Jan Pícha</i>	183
STAVEBNÍ MATERIÁLY CONSTRUCTION MATERIALS	
THE USE OF LIGHTWEIGHT BUILDING MATERIALS ON THE MARKET IN THE CZECH REPUBLIC AND ABROAD AND THE POSSIBILITIES OF ITS EXTENSION <i>Eva Tůmová, Rostislav Drochytka</i>	193
VÝROBA, VLASTNOSTI A UŽITÍ KOMPOZITNÍHO TERMOPOLYMERU V KONSTRUKČNÍCH DETAILECH <i>Darina Dostálová, Michal Vacek, Libor Matějka, Jan Pěněčík</i>	197
ANALYSIS OF BUILDINGS MATERIALS INDICATORS IN SYSTEM OF BUILDING ENVIRONMENTAL ASSESSMENT <i>Eva Krídlová Burdová, Silvia Vilčeková, Monika Čuláková</i>	202
PREPARATION OF LIGHTWEIGHT COMPOSITES BASED ON CELLULOSIC FIBERS <i>Júlia Čigášová, Nadežda Številová, Eva Terpáková, Jozef Junák, Alena Sičáková</i>	208
PROCES ENVIRONMENTÁLNEHO HODNOTENIA A OZNAČOVANIA ZAMERANÝ NA CEMENTY <i>Lenka Palaščáková, Adriana Eštoková</i>	216
PROVZDUŠNĚNÝ PERLITBETON - VLIV NÁHRADY ČÁSTI PLNIVA POPÍLKEM <i>Lenka Mészárosová, Rostislav Drochytka</i>	224

THEORETICAL POSSIBILITIES IN THE DESIGN OF THERMAL INSULATION MORTARS WITH LIGHTWEIGHT AGGREGATE <i>Pavel Mec, Tereza Murinová, Jana Boháčová</i>	228
IMPACT ASSESSMENT OF USING OF PORTLAND CEMENT CONTAINING FLY ASH IN ROAD CONCRETE <i>Marcela Ondová, Nadežda Števulová, Alena Sičáková</i>	234
CEMENTOVÉ MALTY MODIFIKOVANÉ CIEHLNÝM RECYKLÁTEM <i>Eva Navrátilová, Jiří Štrádal, Pavla Rovnaníková</i>	242
KARBONATACE BETONU S ČÁSTEČNOU NÁHRADOU CEMENTU CIEHLNÝM STŘEPEM <i>Markéta Chromá, Pavla Rovnaníková, Patrik Bayer</i>	248
VÝROBA A VYBRANÉ VLASTNOSTI KOMPOZITNÍ TEPELNÉ IZOLACE <i>Michal Vacek, Darina Dostálová, Libor Matějka, Jan Pěňčík</i>	256
VÝROBA IZOLAČNÍHO MATERIÁLU Z DRUHOTNÝCH SUROVIN A JEHO ZMĚNY TEPELNÝCH VLASTNOSTÍ V LIVEM TEPLoty <i>Alena Kalužová, Jan Pěňčík, Libor Matějka</i>	260
FRP REINFORCEMENT AS A MEAN TO INCREASE CARRYING CAPACITY OF RC CONSTRUCTIONS <i>Damian Sokolowski</i>	265
POROVNÁNÍ TEPLOT V KOUTĚ U ATIKY PROSTŘEDNICTVÍM 2D A 3D MODELOVÁNÍ <i>Tomáš Pospíšil, Jan Pěňčík</i>	274
VLHKOST V PÓROVITÝCH MATERIÁLECH <i>Pavčina Petřvalská</i>	280
ODOLNOST POPÍLKOVÝCH SMĚSÍ PROTI MRAZU A VODĚ <i>Václav Mráz, Jan Suda</i>	285
TRENDY STAVEBNĚ TECHNOLOGICKÉ PŘÍPRAVY TRENDS OF BUILDING TECHNOLOGY PREPARATION	
TVORBA DIGITÁLNÝCH 3D MODELOV ÚZEMIA PRE POTREBY PROJEKČNÝCH A STAVEBNÝCH PRÁC <i>Ján Ježko</i>	293
NAVRHNUTIE OPTIMÁLNEHO POČTU SVIETIDIEL NA STAVENISKU – NEVYHNUTNOSŤ ALEBO NUTNOSŤ? <i>Pavol Orosi, Peter Makýš</i>	303
VÝSLEDKY PRIESKUMU V OBLASTI VYUŽÍVANIA BIM TECHNOLOGIE NA SLOVENSKU <i>Mária Kozlovská, Michal Petrík</i>	309
VÝZNAM TECHNOLOGICKÝCH PRESTÁVOK V STAVEBNOTECHNOLOGICKEJ PRÍPRAVE <i>Marcel Šmotlák, Barbara Chamulová, Peter Makýš</i>	318
ANALYTICKÉ RIEŠENIE OPTIMALIZÁCIE DEBNENIA <i>Renáta Bašková</i>	325
EKONOMIKA A VYHODNOCOVÁNÍ TECHNOLOGIÍ ECONOMY AND TECHNOLOGY EVALUATION	
EKONOMICKÉ VYHODNOTENIE REVITALIZÁCIE BYTOVÉHO DOMU – ANALÝZA BODU ZVRATU <i>Alena Tažiková, Janka Pokryvková</i>	333
SLOVENSKÉ STAVEBNÍCTVO, DLHOVÁ KRÍZA A PRODUKTIVITA <i>Martin Gádoši</i>	342

RECESSION OF THE CONSTRUCTION SECTOR IN THE GLOBALIZATION CONDITIONS <i>Eva Jankovířhová</i>	347
COST-OPTIMAL LEVEL <i>Zuzana Šestáková</i>	353
STAVEBNÍ TEORIE CONSTRUCTION THEORY	
ALTERNATIVE STRUCTURAL ENVELOPE DESIGNS AND GENERAL REFURBISHMENT OF AN ELECTED HALL OBJECT <i>Janka Katunská, Dušan Katunský</i>	361
ANALÝZA PRIESTORU STAVENISKA A STAVEBNÉHO STROJA Z HĽADISKA PROBLEMATIKY HLUKU <i>Ondrej Kováčik, Lucia Tarábková</i>	367
NAPÁŤOSTNÝ STAV A SPRÁVANIE SA KONŠTRUKCIÍ CEMENTOBETÓNOVÝCH VOZOVIEK <i>Andrea Zuzulová, Dominika Hodáková</i>	376
AIR EXCHANGE RATE VARIABILITY AND ITS IMPACT ON MOISTURE REGIME <i>Iveta Bullová</i>	385
VPLYV PODLOŽIA NA DEFORMÁCIE VÝŠKOVEJ BUDOVY <i>Oľga Ivánková, Janka Kováčiková</i>	391
PROBLEMATIKA NÍZKOFREKVENČNÍHO HLUKU U STROPNÍCH KONSTRUKCIÍ <i>Petra Berková, Pavel Berka</i>	399
POSUZOVÁNÍ ENVIRONMENTÁLNÍCH DOPADŮ VÝSTAVBY V RŮZNÝCH HISTORICKÝCH OBDOBÍCH <i>Karel Struhala</i>	405
DOPORUČENÍ PRO VÝBĚR VHODNÉHO SOLÁRNÍHO KOLEKTORU <i>Hana Svatoňová</i>	410
POŽADAVKY NA ÚROVEŇ DENNÍHO OSVĚTLENÍ OBYTNÝCH MÍSTNOSTÍ <i>Lenka Gábrová</i>	416
DVOUPLÁŠŤOVÉ STŘECHY S MÍRNÝM SPÁDEM DO 20° <i>Sylvia Svobodová</i>	421

STAVEBNÍ PROCESY
BUILDING PROCESSES

MONITOROVANIE OBALOVÝCH KONŠTRUKCIÍ A VNÚTORNÉHO PROSTREDIA HALY V SKUTOČNÝCH KLIMATICKÝCH PODMIENKACH

THE MONITORING OF A STRUCTURAL ENVELOPE AND INDOOR SPACE OF AN OBJECT SUBJECTED TO REAL CLIMATE CONDITIONS

Janka Katunská

Abstrakt

Príspevok poukazuje na monitorovanie fyzikálnych vlastností obalových konštrukcií halového objektu pred rekonštrukciou, ktorý je vo veľmi zlom technickom stave. Objekt je osovo orientovaný východo-západne. Na južnej strane objekt susedí s existujúcou zástavbou a severne sa nachádza zasklená stena z jednoduchého zasklenia s drôtenou vložkou. Na streche sa nachádza svetlák. Tieto konštrukcie vykazujú poruchy a sú nevhodné. Pre vytvorenie podmienok pre stredne ťažkú prácu je nevyhnutné uskutočniť zásahy do stavebných konštrukcií. Účelom príspevku je ukázať výsledky diagnostiky fyzikálnych parametrov obalových konštrukcií a kvality vnútorného prostredia pred rekonštrukciou. Môže to byť použité ako vstup pre riešenie modernizácie tejto haly. Príspevok je súčasťou riešenia grantového projektu VEGA 1/1060/11 "Monitorovanie zmien fyzikálnych parametrov obalových konštrukcií budov za kvázi - stacionárneho stavu pri dynamických zmenách vonkajšieho prostredia", podporeného Vedeckou grantovou agentúrou MŠ SR a SAV.

Kľúčové slová: halový objekt, obalové konštrukcie, vonkajšie a vnútorné teploty, tepelné toky

Abstract

The article presents the monitoring of physical aspects of hall object before reconstruction, which is in poor technical condition. The object is longitudinally oriented in the East-West direction, on the South it borders on the existing built-up space and on the North there is a glassed wall with a single wire-glass pane. In the roof level there is a skylight located. These structures show defects and they are not suitable. For the purpose of further use for a medium hard work it is necessary to accomplish an intervention into the building structures. The content of this contribution is to show results of diagnostics of physical aspects of envelope structures and indoor space quality in the present state before reconstruction. It can be used as introduction to solution of this hall modernisation. This contribution is a sequel to the grant project solution VEGA "Monitoring of changes in physical parameters of envelope constructions in quasi-stationary conditions" supported from Grand Agency of Ministry of Education and Slovak academy of Science.

Key words: hall object, envelope structures, external and internal temperatures, heat flows

1 INTRODUCTION

The present time period of economic changes is accompanied by a lack of financial means for the construction of new objects. For this reason reconstruction of existing objects is taking place. A change in their disposal and operational solution is performed, a modernization of

rooms follows. The envelope structures portions of these objects are being refurbished, their thermal-technical parameters are being improved. One of possible solution, which can be implemented at present world prices for energy and energy consumption in industry, is the way of modernization. A designer is given the possibility of inner climate change, operational background change, object esthetic value change and its incorporation into the environment. The objective of the hall objects modernization should be the energy consumption reduction, interior climate improvement, transparent surfaces life prolongation, roof and envelope structures life prolongation and improvement the way of heating.

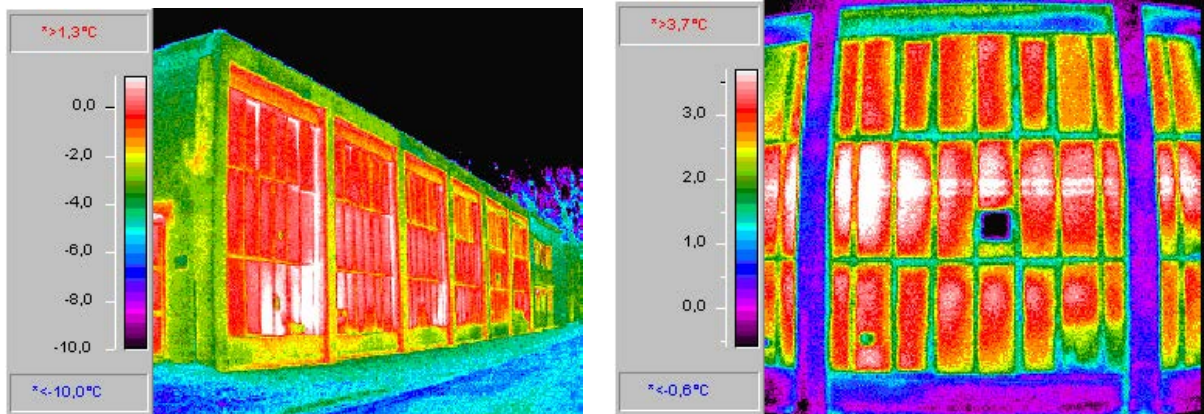


Fig. 1/ Thermo-visual diagnosis of presented hall object

The subject of this contribution is the thermo-technical analysis of the envelope structure of the hall object, evaluation of its physical aspects before its refurbishment. The energy consumption is strongly effected by the design of heating. For this reason it would be desirable to evaluate the effect of the heating system on the energy balance of the corresponding building.



Fig 2/ Real situation of hall object

1.1 Structures of presented hall object

The object is situated in town Košice. It is located in the area of the Technical University on a level ground, amidst existing buildings. This object is a duplex apartment with a partial basement. The main facade is oriented towards the South-West. In the basement there are laboratories, stores and an exchanger. In the first and second storey there are lecture rooms, offices, laboratories and stores. In the first storey level there is the Department connected with

development shops. There are one storey halls with pillar spans of 15m in the diagonal direction and with a 6x6 module in the longitudinal direction. The main bearing system is a static one, designed from longitudinal steel-concrete beams, hinge-connected to steel – concrete pillars, 500x600 mm bearing the beam of the crane runway of a bridge crane. In the hall there is a machinery and metallurgy operation situated.

1.2 Defects of object

The object is in poor technical condition. The worst is the situations with the roof where there are repeated defects occur. The roof above the Department is of a double cladding design, aerated, with inner dewatering. The roof over the hall is of a single cladding design non-aerated, down graded, with inner dewatering. Another deficiency is the thermal resistance of the external envelope which does not meet the requirements of the Slovak standard STN 73 0560. The Department with the halls is based on ground tables and footings. These do not show any defects due to different settlement of the sub-base or any other subsequent defects induced in the upper portion of the object.

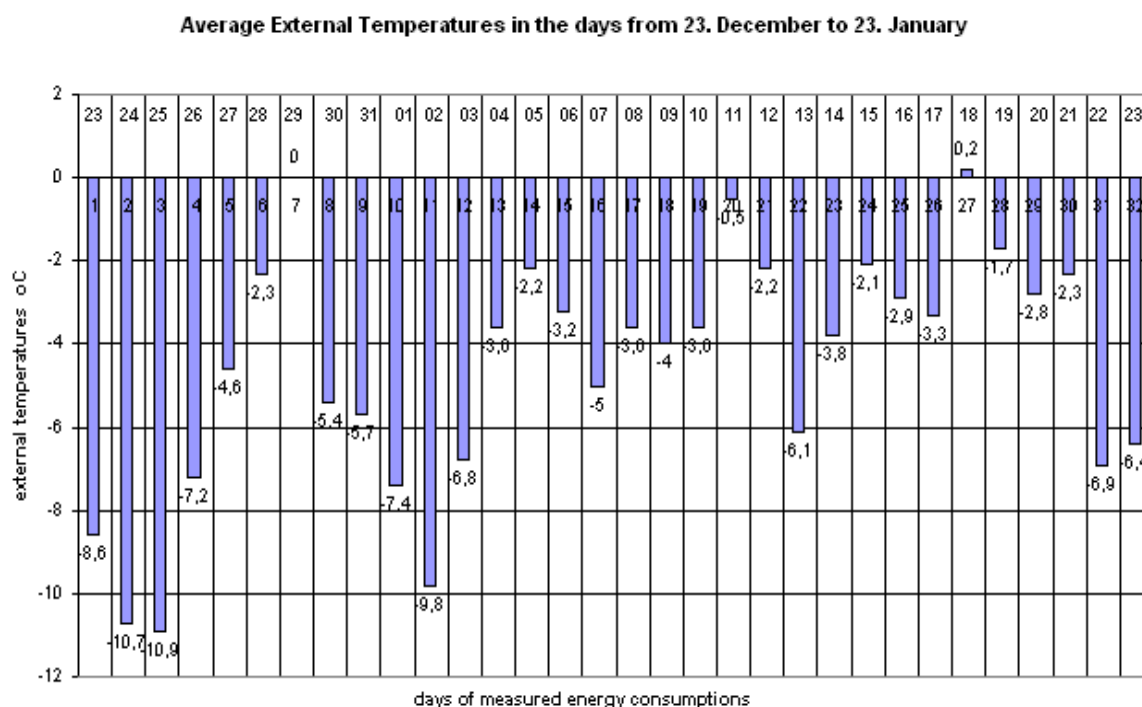


Fig 3/ Average external temperatures in days 23 of December to 23 of January

The basement walls show defects due to a moisture effect. The external walls of the upper part of the object do not show any signs of more serious defects. In vertical structures, in the basement and 1.storey there is an aesthetic defect caused by a leakage of a sewage conduit. Due to this fact there is leaking of sewage into the brickwork and consequently the finish is being damaged. The external and internal finish is old and disturbs the aesthetic appearance of the building.

1.3 Envelope structural and physical conditions of hall object

The exterior envelope of the hall contains brickwork; it is 450mm thick, made of bricks CPP 250x140x65 mm. At a certain part it is the brickwork is 375 mm thick, made on bricks Cdm 240x113x115 mm and lime mortar. The expansion gap between the Department and the hall

is filled with wood-wool slab, 50 mm thick. From the outer side it is covered with non-setting mastic. The attic is made of bricks, CPP- and Cdm-type. In the joints between the attic and the level cracks occur due to volume changes. The vertical load bearing walls 300 mm thick and 500 mm thick are made of bricks CPP 290x140x65 mm and Cdm 240x113x115 mm and lime mortar. The partition walls are made of bricks CPP 290x140x65 mm.

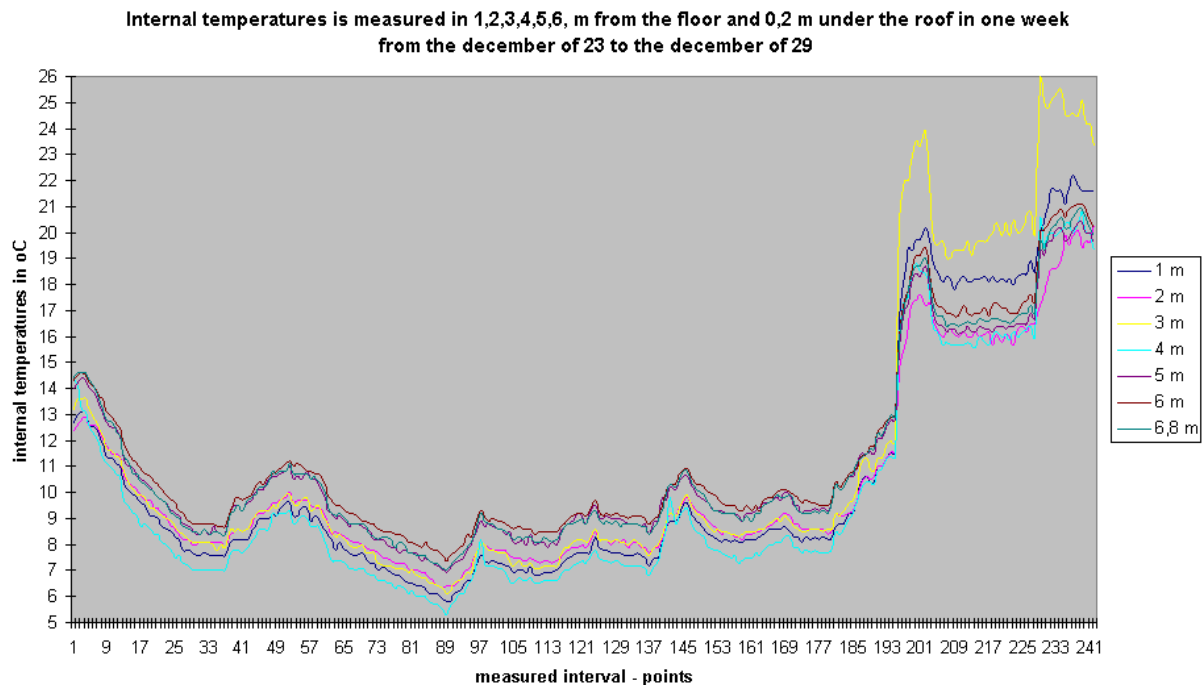


Fig 4/ Average internal temperatures in days 23 of December to 29 of December

The floor structure in the Department contains steel-concrete ceiling 250 mm thick. The ceiling in the halls is made of light ribbed panels PZS 20/10, supported by a roof steel space beam. The floor on the natural ground does not show any defects caused by humidity which could be caused either by the use of an inappropriate damp-proof course or by its mechanical damage. The ceiling panels in other storey do not show any defects. The ceiling panels in the halls, due to the effect of volume changes, break in their joints with other panels and small gaps in contacts occur.

The membrane roofing of the Department is made as a double flat roof, ventilated through the attic, non-walk able, with inner dewatering. For the thermal insulation foam polystyrene 50 mm thick is used. The damp-proofing layer is formed by heavy bitumen felts (BITAGIT). The membrane roofing of the hall is formed as one jacket flat roof, non-ventilated, non-walk able, with internal dewatering.

The thermal insulation is formed by foam polystyrene 50 mm thick. The damp-proofing layer is formed by heavy bitumen felts (BITAGIT). The climbing onto the roof is made possible by means of treads on the envelope brickwork from the inner side of the object. The membrane roofing defects are caused by the damage to the damp-proofing layer and by incorrect design of the composition due to an adverse annual balance of condensation damp. The thermo-insulating layer starts degrading and maps of moisture on the ceiling board, as well as on ribbed panels occur. By the effect of these defects the atmospheric and condensation humidity

penetrates into the interior of the building. The sheet covering of the attic and other plumber constructions degrade due to corrosion.

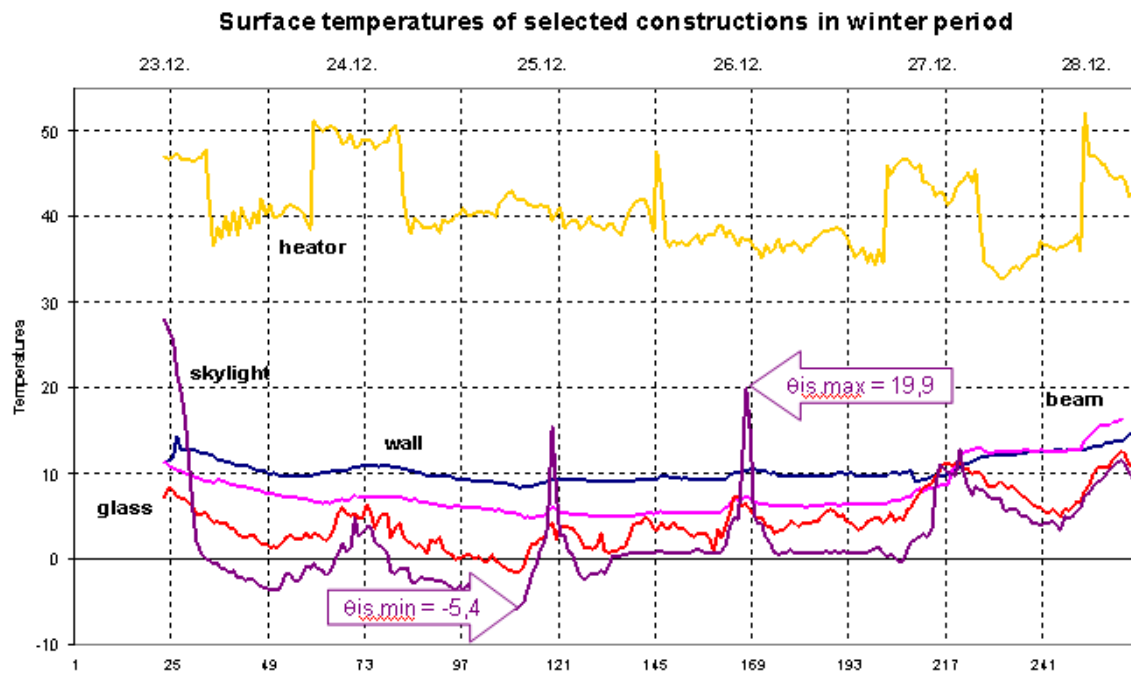


Fig 5/ Surface temperatures of envelope structures in 23 of December to 29 of December

The surface finishing of the outer side of the brickwork is carried out using lime cement Plaster. On the inner side lime cement finish is applied with paint, and in the hall multiple whitewash. Surface finishing of load bearing walls is performed by lime finish and paint. In the halls the floor is made from concrete cover, with rough surface, resistant o mechanical wear and abrasion.

Transparent fillings are formed by windows on the Department object and by glassed walls and skylights in the halls. The window-types used are standard steel frames with double glazing, glass thickness 3 mm. They are inappropriate because of uptightness and they show big heat losses due to infiltration.

In the halls an upper and side illumination system is used formed by single wire panes positioned into the steel frame. The glassed walls show big heat losses due to radiation (fig. 1/). The project documentation was provided by the archives of the Technical University of Košice. An inspection was carried out as well as the object measurement in winter months A diagnostics of the actual condition of the envelope structure was performed by means of thermo-visual scanning, which confirm big heat losses in winter. The thermo-visual scanning was carried out by the workers of the Technical University in Vienna under the guidance of Professor Dr. Jürgen Dreyer.

2 CONCLUSIONS

The present state of presented hall object is inappropriate from the point of view of life and some structure conditions. It is also reflected by the energy consumption of the hall which exceeds the standards recommended values in present state. Therefore it is necessary to prepare a reconstruction of this hall object. The proposed reconstruction and modernization

adaptations on presented hall object will reduce its heat losses. It can be considered, that heat losses after the modernization adaptations will meet the standard and hygienic criteria. The present time period of economic changes is accompanied by a lack of financial means for the construction of new objects. For this reason reconstruction of existing objects is taking place.

Použitá literatura

1. BIELEK, M. *Window, Energy and Environment*, Book Publication ALFA Bratislava 1987.
2. JANOUŠEK P. ,Department of Metallurgy and Development Workshops MF TU-Košice Diploma Thesis TU Košice, May 1999.
3. KATUNSKÝ,D. et al. *Environmental Problems of Indoor Spaces in Industrial Buildings (CD-ROM)*. In: *Modern Environmental Management and Technologies: Academic Conference organized in the framework of the Asia-Link Program of the European Commission: Afghanistan- Kabul* : S.N., 2011 pgs. 1-9. ISBN 978-80-227-3496-7.
4. KATUNSKÝ D. et al. *Centrum excelentného výskumu progresívnych stavebných konštrukcií a indoor technológií na Ústave budov a prostredia - 1 elektronický optický disk (CD-ROM)*. In: *Seminár doktorandov 2011 ÚBP: 3. ročník zborník vedeckých prác*: - Košice: TU, 2011, s. 8-12. - ISBN 978-80-553-0622-3
5. KATUNSKÝ,D. *Hodnotenie obalových konštrukcií v reálnych, podmienkach in situ 2011. - 1 elektronický optický disk (CD-ROM)*. In: *Poruchy a obnova obalových konštrukcií budov 2011* : zborník príspevkov z konferencie s medzinárodnou účasťou Podbanské, Vysoké Tatry - Košice: TU 2011 s. 153-158 - ISBN 978-80-553-0651-3.
6. TÓTH,S. KATUNSKÁ,J. KATUNSKÝ,D. *Diagnosis of envelope structures of industrial hall 2011. - 1 elektronický optický disk (CD-ROM)*. In: *Poruchy a obnova obalových konštrukcií budov 2011* – Zborník príspevkov z konferencie s medzinárodnou účasťou:, Podbanské, Vysoké Tatry -Košice: TU, 2011 s. 255-260 - ISBN 978-80-553-0651-3.
7. LOPUŠNIAK,M. *Tepelná stabilita halových budov a možnosti jej hodnotenia pomocou prEN ISO 13791 a prEN ISO 13792 - 2004*. In: *Tepelná ochrana budov*. Vol. 7, no. 4 (2004), p. 3-8. - ISSN 1213-0907
8. LOPUŠNIAK,M. *Výber a vplyv dominantných faktorov pre vytvorenie nomogramov na hodnotenie teplotného stavu vnútorného prostredia v budovách halového typu v letnom období - 2005*. In: *Tepelná ochrana budov*. Vol. 8, no. 5 (2005), p. 10-15. - ISSN 1213-0907

Kontaktné údaje

Ing. Janka Katunská, PhD.,
Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta,
Ústav pozemného staviteľstva
Vysokoškolská 4, 042 00 Košice, Slovensko
Tel: +421 55 602 4160
email: jana.katunska@tuke.sk

NAJČASTEJŠIE DEFEKTY A NEDOSTATKY OBVODOVÝCH PLÁŠŤOV BUDOV Z HĽADISKA VZDUCHOTESNOSTI - BYTOVÝ PANELOVÝ DOM

THE MOST COMMON DEFECTS AND SHORTCOMINGS ENVELOPE STRUCTURE OF BUILDINGS IN TERMS OF AIRTIGHTNESS - PREFABRICATED APARTMENT BUILDING

Maroš Nemec, Róbert Rudišin, Dušan Katunský

Abstrakt

Začiatkom 40-tych rokov minulého storočia sa v Slovenskej republike začalo s hromadnou panelovou bytovou výstavbou. Prevažná časť tejto výstavby sa zrealizovala v období rokov 1960 až 1983. Niektoré z týchto panelových bytových domov sú už po dobe životnosti, iné tesne pred ukončením ich životnosti. V súčasnosti sa mnohé podrobujú komplexnej obnove, zameranej okrem iného, aj na zlepšovanie tepelnotechnických a tepelnoizolačných vlastností obalových konštrukcií a odstránenie systémových porúch. S tým úzko súvisí aj celková vzduchotesnosť „obálky“ týchto budov, nakoľko pri ich realizácii bolo použité značné množstvo funkčne usporiadaných rôznorodých konštrukčných prvkov. Práve tieto prvky sa od seba líšia tak fyzikálnymi, mechanickými, ako aj tvarovými vlastnosťami a tým aj schopnosťou plniť po celú dobu životnosti požadovanú funkciu. Z tohto dôvodu sú v súčasnosti častým zdrojom a nadmerných porúch a netesností, ktoré výrazne vplývajú na celkový komfort bývania, ako aj na energetickú náročnosť budov. Príspevok poukazuje na najbežnejšie poruchy obalových konštrukcií bytových panelových domov z hľadiska vzduchovej priepustnosti škár a stykov.

Kľúčová slova: *typová sústava, bytová jednotka, vzduchotesnosť, Blower Door, detekcia*

Abstract

At the beginning of the 40-ies of the last century the construction of panel apartment in the Slovak Republic. The bulk of this construction is carried out in the period from 1960 to 1983. Some of these prefabricated apartment buildings are now in end- of- life other close before the end-of-life. At present many undergoing comprehensive restoration to improve the thermal insulation properties of packaging materials, structures and eliminate system failures. It is related to „the total envelope air-tightness of buildings” because in their realization has been used by a considerable number of functionally arranged for various structural elements. It is these elements differ from each other so physical, mechanical, a shape features and the ability to perform for the life of the prescribed function. For this reason are currently a source of frequent and excessive failures and leaks that significantly affect the total comfort of living as well as on their energy demand. The paper shows the most common faults of envelope constructions of prefabricated houses from the viewpoint of the airtightness of mortar joints and contacts.

Key words: *type of system, apartment unit, air tightness, Blower Door, detection*

1 INTRODUCTION

The experience and results obtained from the measurement of the air tightness of buildings show that buildings built with massive structures (e.g. Panel and wall of the building) reaching a higher level of airtightness than buildings constructed with lightweight sandwich structures (e.g., wooden houses). However many of the buildings with massive structures with expired service of embedded material (in some cases even with the poorly maintained) often exhibit insufficient levels of airtightness.

2 INFORMATION ON THE MEASUREMENT OF AIRTIGHTNESS OF LARGE BUILDINGS

The basic standard in the Slovak Republic, dealing airtightness and method of measurement of buildings with large volume (more than 4000 m³), is the standard STN EN 13829 [6]. This standard requires the achievement of maximum pressure difference 50 Pa, with the advice of the measured values of pressure differences of up to ± 100 Pa. The limiting capacity of your portable air moving equipment used for measurement of airtightness can cause problems in achieving a given pressure difference (50 Pa). For this reason, it is possible in the case of buildings of more than 4000 m³ used to measure the airtightness of the building „additional equipment” to increase the capacity of the air moving equipment (one big fan, or a set of smaller fans). There are two basic ways of measuring the air tightness: **1)** building as a whole (one pressure zone) and **2)** residential part divided into separate units (apartments or group of apartments as a separate pressure zone). In the latter case it is necessary to take into account that the measured air leakage rate flow of air leaks between the measured area and the external environment but also between leaks of measured building and the spaces that surround it (see Fig. 1).

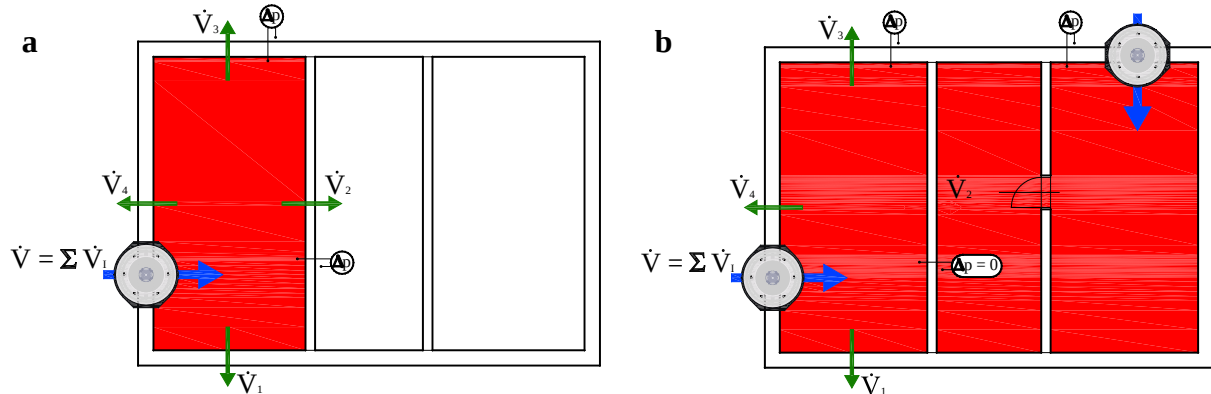


Fig. 1: The methods of measurement of integrated part one of housing part in pressure: a) without the pressure different between adjacent room, b) with stable the pressure different between adjacent room

3 CHARACTERISTICS OF A SELECTED SET OF MEASURED FLATS

The tested file presented in this paper consisted of five apartments coming from various building systems. Most of the tested file consisted of panel houses but their presence here also found brick apartment buildings. It is a three-room and four-room flats without insulation envelope with original wooden resp. exchanged plastic windows. The ventilation in all residential units is natural ventilation provided by windows only. Based on the method of ventilation tested file, the resulting values of air tightness were compared with the

recommended values according to the standard ČSN 73 0540-2 [5]. It was necessary to comply with a condition of $n_{50} < n_{50, N} = 4,5$ 1/h in this case (level I).

All measurements were carried out by the same procedure that it is airtight (with device Blower Door Minneapolis) according to the standard STN EN 13829 [6]. Each test of airtightness, was divided into two parts. The first part was the test of airtightness „envelopes” of the selected part of an apartment building (apartment units) in depressurize and pressurize procedure laid down in standard EN 13829. The second part was detecting leaks in a constant negative pressure of 50 Pa. For the purposes of the test established by the air tightness, were in place the following physical quantities: θ_{ae} outdoor air temperature [°C] θ_{ai} indoor air temperature [°C], air velocity v_a [m/s], as well as focus and quantification of fundamental parameters: floor area [m²], internal surface area [m²] and the internal air volume [m³]. Table 1 shows the test set of five residential units specified by the type system giving main airtightness layer (MAL) of building structures.

Tab. 1: The selection of testing file of apartment unit by the difference characteristic

Indication of building	Perimeter cladding	The main airtight layer			Ventilation	recommended values n_{50} [1/h] according to [5]	
		Floor	Wall	Roof			
A1	panel	reinforced concrete floor	coating	coating	natural	4,5	3,0
A2	panel	reinforced concrete floor	coating	coating	natural	4,5	3,0
A3	brick	reinforced concrete floor	coating	coating	natural	4,5	3,0
A4	panel	reinforced concrete floor	coating	coating	natural	4,5	3,0
A5	panel	reinforced concrete floor	coating	coating	natural	4,5	3,0
A6	brick	reinforced concrete floor	coating	coating	natural	4,5	3,0

In the case of apartment unit **A1** were carried out two „sample” tests of airtightness. The first test was carried out by mounting the original wooden windows with the achieved value of $n_{50} = 3,37$ 1/h. The second test was carried out after replacing the original wooden windows with plastic windows about a year later. The test was carried out in an identical manner to the first measurement because except for the replacement of window constructions occurred in the apartment unit to another intervention. In this case the obtained value of $n_{50} = 1,88$ 1/h. Resulting values measured the air exchange rate n_{50} are specified in detail in Table 2.

Tab. 2: The measured values during the test the air tightness n_{50} apartment units

Indication of building	Windows construction		Install the Blower Door system	Measured value n_{50} [1/h]
A1	–	replaced plastic	Balcony door	3,37 / 1,88*
A2	–	replaced plastic	Balcony door	5,01
A3	original wooden	–	Entrance door	2,97
A4	original wooden	–	Entrance door	4,15
A5	–	replaced plastic	Entrance door	1,39
A6	–	replaced plastic	Entrance door	6,62

* the value measured during the test of airtightness apartment unit after replacing the window construction for new plastic windows.

Improvement of air tightness the apartment unit **A1** (reducing value of n_{50}) compared to the first measurement by installing original wooden windows can be attributed to the way installing and quality design of window construction. Significant shortcomings in this case showed the entrance door which would in the event of modifications (sealing) the resulting measured value n_{50} apartment unit **A1** is likely to decrease. The most common leaks discovered during the detection in the selected set of apartment units were the original wooden windows. These were in particular the contact of the window frame and casement. The reason for this is the age of these windows, window sash to the frame, the tightness of the windows as well as seals which is the end-of life (see Fig. 2a). Last but not least the sticking place transition of hinge over the seal in contact proved to the frame profile and the profile of the sash pivot plastic window (see Fig. 2b). This has disrupted the continuity of the filling function air barrier penetration fitting seals.

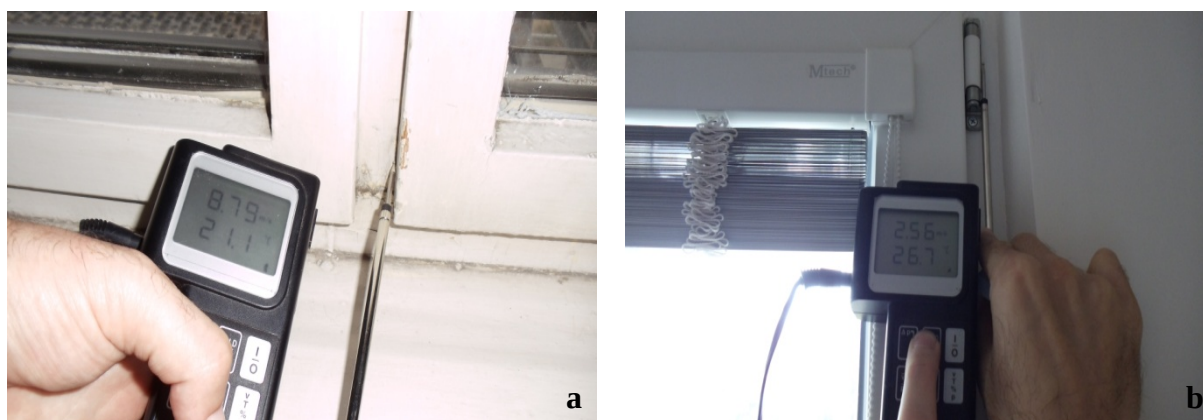


Fig.2: The leaks of windows construction: a) the contact of the window frame and casement of original wooden windows, b) the contact transition of hinge over the seal between frame and frame of casement in hinged sash

4 CONCLUSION

Measurement of air tightness, selected set of apartment units have pointed out most common leaks under the envelope construction. Recommended values of the air change rate n_{50} in Slovak Republic are taken from the Czech national standard ČSN 730540-2 level I [5]. The upcoming change of thermal STN 73 0540 - 2 of Article 6.1.4 in [7] by the condition of the air change rate for the passive standard buildings $n_{50} = 0.6 \text{ l / h}$, at a pressure difference of 50 Pa certified according to STN EN 13 829 [6] (Blower Door test). The issue of air tightness of buildings in Slovakia is still topical, as one aspect of the energy efficiency of buildings. This is the subject of Directive of the European Parliament and the Council 2010/31/EU on the energy performance of buildings.

*This report was created during solution of project **OPVaV-2008/2.2/01-SORO ITMS: 26220220050**.*

This paper was created thanks to financial support from the EU Structural Funds, through the Operational Program R & D and project OPVaV-2008/2.2/01-SORO "Architectural, engineering, technological and economic aspects of the design of energy efficient buildings, codenamed ITMS: 26220220050; which is financed by EC funds.



Literature

1. Sternová, Z. a kol.: *Obnova bytových domov, Hromadná bytová výstavba do roku 1970*, Jaga group, Bratislava, 2001, ISBN 80-88905-53-2.
2. Sternová, Z. a kol.: *Obnova bytových domov, Hromadná bytová výstavba po roku 1970*, Jaga group, Bratislava, 2002, ISBN 80-88905-68-0.
3. Zwiener, V.: Měření těsnosti budov metodou tlakového spadu (Blower-door test): In *Dektime*. 2006, vol. 05-06, p. 62-65.
4. ATTMA Technical Standard 1: *Measuring Air Permeability of Building, The Air Tightness Testing and Measurement Association*, www.attma.org
5. ČSN 73 0540-2: *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*, ČNI Praha, (November 2011).
6. STN EN 13829: *Tepelnotechnické vlastnosti budov, Stanovenie vzduchovej priepustnosti budov. Metóda pretlaku pomocou ventilátora*, (Október 2001).
7. STN 73 0540-2: *Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Tepelná ochrana. Časť 2: Funkčné požiadavky*, SUTN Bratislava, (júl 2012).

Contact details

Ing. Maroš Nemec

Ing. Róbert Rudišin, PhD.

prof. Ing. Dušan Katunský, CSc.

Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta, Ústav pozemného staviteľstva

Vysokoškolská 4, 042 00 Košice

Tel: + 421 055 602 4135, + 421 055 602 4166, + 421 055 602 4157

E-mail: maros.nemec@tuke.sk, robert.rudisin@tuke.sk, dušan.katunsky@tuke.sk

METODIKA MERANIA VZDUCHOTESNOSTI OBALOVÝCH KONŠTRUKCIÍ BUDOVY - RODINNÝ DOM PO ČIASTOČNEJ REKONŠTRUKCII

METHODOLOGY OF MEASUREMENT THE AIRTIGHTNESS OF THE BUILDING ENVELOPE - FAMILY HOUSE AFTER PARTIAL RECONSTRUCTION

Maroš Nemec, Róbert Rudišín

Abstrakt

Znižovanie energetických nákladov budov je celosvetovou prioritou. Do popredia sa dostávajú nové stavebné postupy a viacfunkčné materiály, ktoré prispievajú s znižovaniu energetickej náročnosti budov. Jednou z možností overenia kvality stavby, je kontrola vzduchotesnosti budov, pomocou metódy tlakového spádu s externým ventilátorom, tzv. Blower Door test. Na praktickom príklade rodinného domu počiatočnej rekonštrukcii, bude vysvetlený postup merania vzduchotesnosti „obálky“ od prípravy až po samotnú realizáciu a vyhodnotenie testu. Súčasne bude bližšie špecifikovaný aj postup merania vzduchotesnosti v dvoch samostatných izbách, ako časť z celého domu.

Kľúčová slova: *vzduchotesnosť, obalová konštrukcia, rodinný dom, detekcia*

Abstract

The reducing of energy costs of buildings is a global priority. At the forefront to receive new construction methods and multifunctional materials which collectively reduce the energy consumption of buildings. One of the possibilities of verifying the quality of construction is to check the airtightness of buildings using the method of differential pressure with an external fan called blower door test. On a practical example of the family house it will be explained to the airtightness of the envelopes from the preparation of the test measurement procedure to the implementation and evaluation of the test. Will also be explained by measurement procedure of the airtightness in two separate rooms as part of the whole house.

Key words: *airtightness, envelope construction, family house, detection*

1 METHOD PRESSURE DROP WITH EXTERNAL FAN - BLOWER DOOR TEST

For the purpose measuring of the airtightness, „envelope“ buildings were developed by several methods such as: the pulse pressure method, the method of variable differential pressure and pressure drop method with internal or external fan. Worldwide the most commonly used method to measure the airtightness of buildings is a method of the pressure gradient with an external fan called Blower Door test. This method involves measuring the volume flow of the air through, "the envelope" of the building at a known pressure difference. This pressure difference varies within a range of 10 to 100 Pa. Pressure differences are caused by man - with variable speed fan.

Using a telescoping frame and an airtight covers the fan fitted into the hole in the perimeter wall (most are front door). By changing the speed of the fan is gradually changing the

pressure difference between the interior and the exterior. For individual pressure differences shall be measured and recorded a air flow rate (m^3/h), provided that the same amount of air flows through the leaks in the „envelope" of the building. The measurement takes place in pressure and depressure. The result of measurements is a series of value of the air flow rate obtained at different air pressure differences. These values are plotted in a chart of the pressure dependence of the air flow of rate from the air difference.

On the basis of a known air flow rate at the pressure difference 50 Pa is possible to derive a value air change rate n_{50} . This value is in most countries, the evaluation factor, the airtightness of the building envelope. The resulting value n_{50} is calculated as the arithmetic mean since the measurement is carried in pressure and depressure.

The aim of measuring the airtightness of envelope constructions of buildings is to derive the parameters **C** and **n** so empirical equations of flow. Based on this equation, you can calculate the air flow of air leaks at any pressure differential and thus derive the values of selected parameters of evaluation.

The result of the measurement is to characterize the properties of buildings regardless of weather conditions therefore it is necessary to eliminate as far as possible negative influences that could distort results measured. It is mainly the effect of wind pressure and temperature difference of the interior and exterior of the building. Calculated estimates tend to be burdened with considerable uncertainty. Therefore the measurement of control actually achieved airtightness often crucial.

2 MEASUREMENT PROCEDURE ACCORDING STANDARD STN EN 13829

The standard STN EN 13829 [5], in addition to the basic terms, definitions and units provides a measurement procedure. It includes:

- measurement conditions;
- preparation of the building before the measurement;
- steps during the test measurement.

2.1 Measurement conditions

The conditions of measurement include the measured range and measurement time further specified as follows:

- The extent of the building or part of the building measured is defined as follows:
 - a) normally, the part of the building measured includes all deliberately conditioned rooms;
 - b) in special cases the extent of the part of the building actually to be tested can be defined in agreement with the client;
 - c) if the aim of the measurement is compliance with the air-tightness specification of a building code or standard and the measured extent is not defined in this code or by a standard, the measured extent is defined as in a).
- Time of measurements - level building under construction, the state of completion airtight layer (HVV). In practice this means that the measurement may be made only after the airtight layer of the building envelope or parts that are subjected to the tests.

Note a preliminary control of air permeability of airtight layer the building in construction makes it easier to carry out further repair identified leaks as opposed to the finished building.

- Meteorological conditions

1) If the difference of the indoor and outdoor air temperature in [K] multiplied by the height of the building in [m] is greater than 500 (m.K) it is unlikely that a zero-flow pressure difference Δp [Pa] can be obtained. This zero-flow pressure difference is obtained by using a device to measure the pressure and flow of air during the actual measurement is airtightness. This device records the beginning of the test positive values zero-flow pressure difference Δp_{01+} and negative values zero-flow pressure difference Δp_{01-} for 30 seconds (temporarily cover the opening of the fan with airtight cover). If one of the recording values is greater than 5 Pa do not perform the test. This check shall be carried out at the end of the test a similar way as to its beginning. In the event that one of the zero-flow pressure difference values Δp_{02+} or Δp_{02-} obtained at the end of the test is greater than 5 Pa test shall be declared not valid;

2) If the speed of the air flow which has a negative impact on the course and result of the test exceeds the Beaufort scale which is the third stage (6 m/s) is unlikely to be achieved by the zero-flow pressure difference.

2.2 Preparation of the building before measuring

Standard STN EN 13829 [5] specifies two basic procedures for measuring airtightness of the building envelope. Both procedures require careful preparation of the building given the state of completion of the building, as well as an airtight layer.

Method „A“ (test of a building in use):

These are the conditions in the building in a state of its use. Measure the air tightness of buildings in this case is carried out in completed and operated building.

For this reason, it is necessary to close - external doors, external windows, and openings in the unheated space (unheated basement, garage, attic).

Space the holes with built-in locks, such as: joint fillers ventilation on the windows (skylights), mailbox, door for cats, central ventilation, dryers and laundry, stove, etc., are only **locked but additionally unsealed**. Due to the fact that it is a condition of the buildings in use, the rear ventilation chimney, keyhole, fume hood (just off) and the open stack (stack flap closed) are **unsealed** and keep in working order.

Only sewage pipes, (water filling siphon, respectively sealed foil painter masking tape) and handles missing holes will be sealed. Finally it should be noted that all open fire and flame devices must be switched off during the measurement and cleaned.

Method „B“ (test of the building envelope):

This method is for the detection of the quality of the airtightness of the building envelope and should prevent the method „A“. It is implemented when the building envelope is complete but the main airtight layer (MAL) is still available and can be corrected during the test. Used to verify the tightness of the „envelope“ of the building to the exclusion of technology transfer (plumbing, HVAC, flue and others). For the purposes of this test, it is necessary to carry out the necessary adjustments in the building. Special sealing materials (caps, vacuum closures, temporary adhesive tapes, films), is necessary to conclude the technical equipment of buildings and eliminate them as possible leaks due to dropout. Based on the induction of multiple differential pressure comparable with the test should be traced and subsequently sealed obvious defects and unfinished. This part is time demanding depending on the quality of a building and can take several hours.

3 INDIVIDUAL STEPS OF MEASUREMENT

Each measurement of airtightness, preceded his preparation. It is important to know it from the point of view of design (wooden house, brick or prefabricated buildings), if it's a family house, apartment or office building, level of under construction and approximate size of the measured entity, due to the limited possibilities of using performance equipment to measure airtightness.

The first step before the actual measurement of airtightness is a thorough inspection of the state of the building envelope and the airtight layer. On the base of choice measurement method according to [5], it is necessary to close or seal all openings deliberately created in the „envelope" of the building.

In the next step, it is necessary to check the weather conditions, namely indoor air temperature θ_{ai} [°C], outdoor air temperature θ_{ae} [°C] and air velocity v_a [m/s].

For proper evaluation of the test it is necessary to determine zero-flow pressure difference Δp (at the beginning and end of the test), which is obtained from the measurement. This value is the zero-flow of the pressure difference should not be greater than 5 Pa, otherwise, cannot be regarded as a fair test.

The last step is the actual air tightness test with preset pressure differences. The extent of these pressure differences should not exceed 10 Pa.

4 TEST AIRTIGHTNESS OF BUILDING ENVELOPE FAMILY HOUSE USING THE „BLOWER DOOR" EQUIPMENT

The first part was the test of airtightness whole „envelopes" of house. The Blower Door device was fitted to the door opening rear door of a house (see Fig. 2a). The test is carried out in depressurize and pressurize the method „A" procedure laid down in standard STN EN 13 829 [5]. The result of the first part of the test of air tightness was quite satisfactory because its value has been reached the intensity of the exchanges of air $n_{50} = 3.61$ (1/h). The air change rate n_{50} (1/h) required for this type of building (naturally ventilated building) represents the value of the $n_{50} = 4,5$ (1/h), with the condition $n_{50} < n_{50,N}$ thus $3,61 \text{ 1/h} < 4,5 \text{ 1/h}$. In this context it is important to note that the required values n_{50} the air exchange rate in the Slovak Republic are taken from the Czech National standard CSN 73 0540 - 2 [4] level I due to the fact that the Slovak and normative base of these requirements are not included.

At the end of the first part of the airtightness test was whole „envelope" of a house subject to detect leaks in the created constant depressurize at 50 Pa. The biggest leaks are shown original wooden windows especially in the contact window frame and sash. This is mainly age windows poorly fit sash to the window frame (see Fig. 1a, b) tightness windows and seal itself which is the end of life resp. in the total absence (see Fig. 1c).

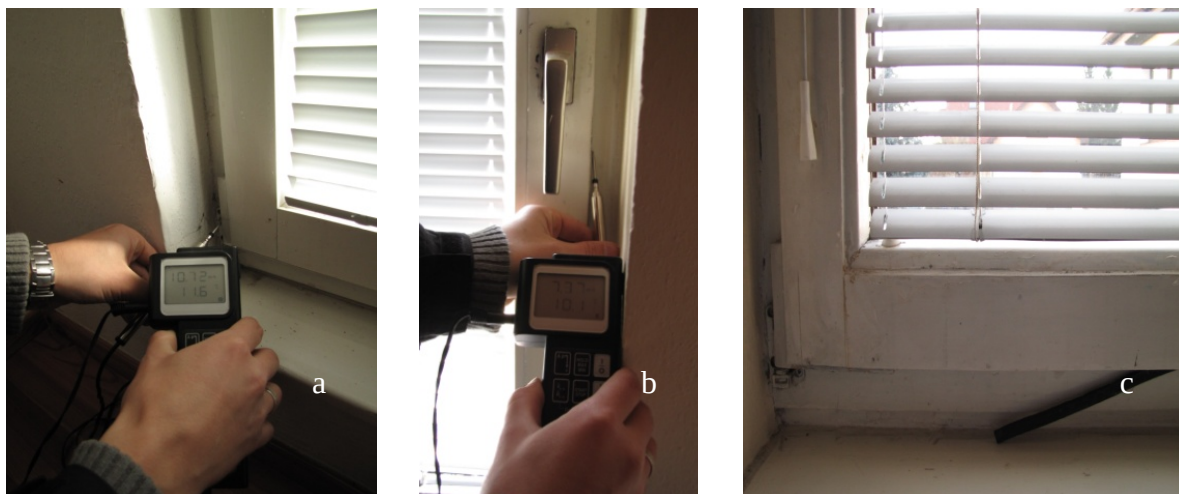


Fig. 1: Leaks original wooden window structures: a) in places of windows hinge, b) the contact of window sash and window frame, c) damage to the rubber window seal

The second part of the measurement was test airtightness of two selected rooms on the second floor. The first part of the second measurement was carried out in unreconstructed room in the southwest corner of the house (room 1, Fig. 2b). Room 1 is without changing the original wooden windows and without the external contact external insulation. The device blower door was mounted to the door opening of room 1 where ran the test airtightness place in pressure and depressure. The resulting measured value of the air change rate n_{50} at 50 Pa pressure difference reached $n_{50} = 11,26$ 1/h. Required value the air change rate n_{50} for this type of building according to CSN 73 0540-2 [4] corresponds to the value of $n_{50} = 4,5$ 1/h (level I) which represents approximately 2.5 times the limit value. The cause of the high value of n_{50} can look at this case in particular the original wooden windows leaking due to the fact that the main airtight layer (MAL) of this room (room 1) consists of internal coating was visually intact.

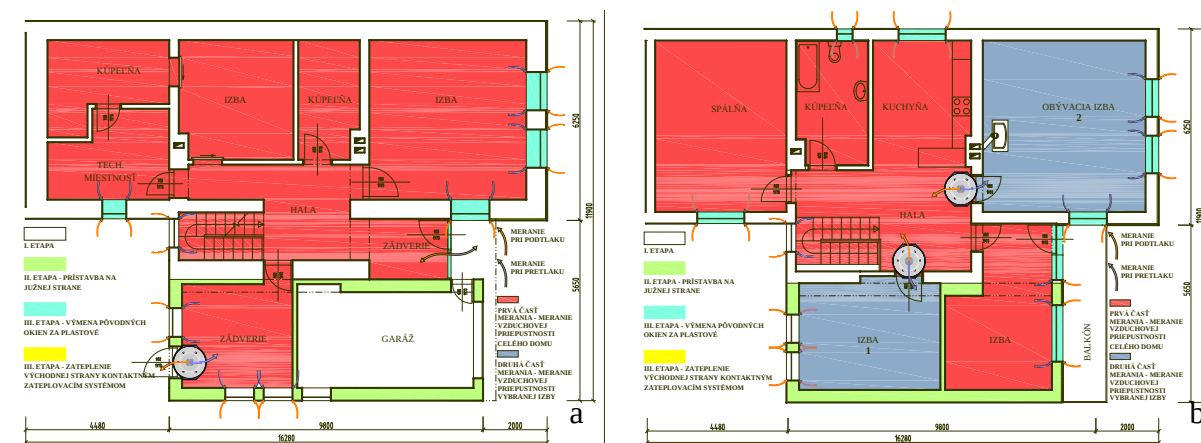


Fig. 2: Floor plan of the test house showing the position of the mounted Blower Door test equipment: a) the first above-ground floor, b) a second floor above ground)

The second test room was reconstructed living room (room 2, Fig. 2b) located in the northeast corner of the house. This room has undergone a comprehensive renovation in which were replaced old wooden windows for plastic windows and insulated eastern external wall insulation system contact EPS thickness 50 mm. The device is mounted the blower door to door opening in rooms 2 which subsequently ran a similar test airtightness at pressure and depressure. The resulting measured value of the air change rate n_{50} at 50 Pa pressure difference reached in this case the value of $n_{50} = 3,47$ 1/h $< 4,5$ 1/h.

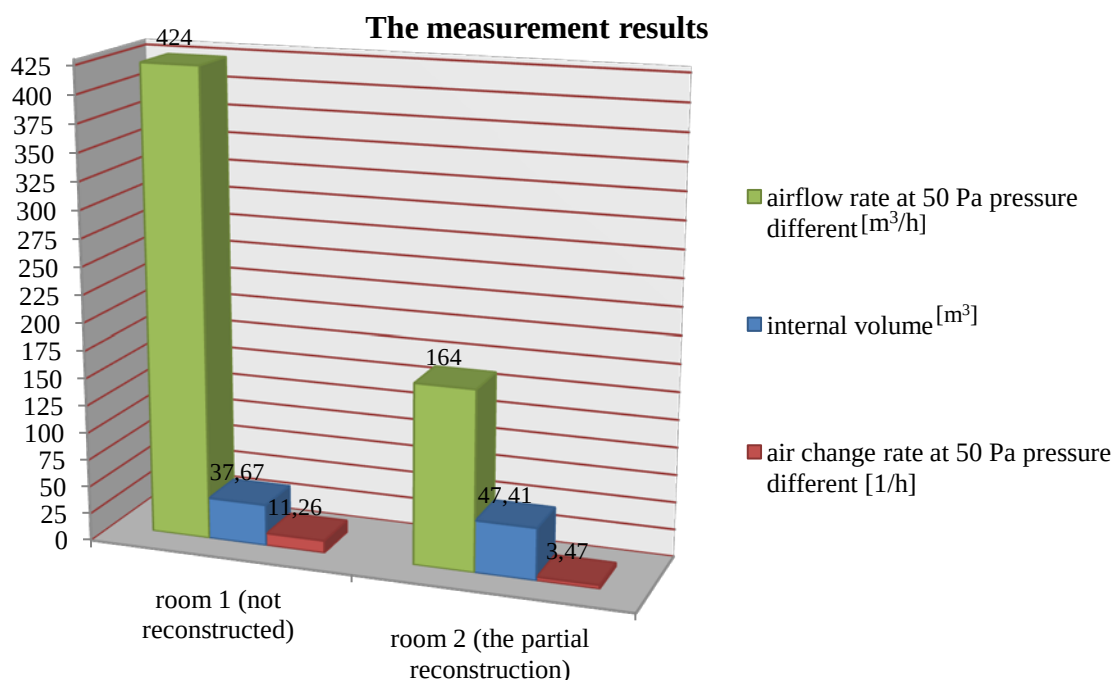


Figure 3: Graphical representation of measurement results the air change rate n_{50} at 50 Pa pressure difference (the second part of the measurement)

5 CONCLUSION

The paper has presented a methodology of measuring the airtightness of the building envelope (house after partial reconstruction). Depending on the degree of „unfinished building“, standard EN 13829 provides for two methods of measurement „A and B“. Both methods require a specific approach to measuring the airtightness in preparation for the building prior to the measurement. It is preparing the building can affect the overall result of the measurement. For a practical example of a house airtightness test was demonstrated by an example of air tightness measurement procedure using the method „A“ as a whole, as well as separate areas (selected rooms). The recorded value of the air change rate n_{50} at 50 Pa pressure difference are compared with recommended values according to CSN 73 0540 - 2, level I [4]. The normative bases of the Slovak Republic n_{50} values doesn't exist. The exemption is for buildings in passive standard $n_{50} = 0.6 \text{ 1 / h}$ which will be added in the upcoming change of thermal STN 73 0540 - 2 of Article 6.1.4 in [6].

This report was created during solution of project No: 31010022.

	Visegrad Strategic Program No: 31010022 <i>Progressive multifunctional building materials, constructions and technological methods - one step closer to green Visegrad in the V4 countries</i> Priority (2) Building a Green Visegrad

Literature

1. Nemec, M., Rudišin, R.: *Príklad merania vzduchovej priepustnosti: part I, In: Střechy, fasády, izolace*, vol. 19, no. 9 (2012), p. 54-56, ISSN 1212-0111.
2. Novák, J.: *Vzduchotěsnost obvodových plášťů budov*, Grada Publishing, 2008, ISBN 978-80-247-1953-5.
3. ATTMA Technical Standard 1: *Measuring Air Permeability of Building, The Air Tightness Testing and Measurement Association*, www.attma.org
4. ČSN 73 0540-2: *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*, ČNI Praha, (November 2011).
5. STN EN 13829: *Tepelnotechnické vlastnosti budov, Stanovenie vzduchovej priepustnosti budov, Metóda pretlaku pomocou ventilátora*, (Október 2001).
6. STN 73 0540-2: *Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Tepelná ochrana. Časť 2: Funkčné požiadavky*, SUTN Bratislava, (júl 2012).
7. Dostupné na internete: <http://www.gutachter.at/blower-door.htm>.

Contact details

Ing. Maroš Nemec

Ing. Róbert Rudišin, PhD.

Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta, Ústav pozemného staviteľstva
Vysokoškolská 4, 042 00 Košice

Tel: + 421 055 602 4135, + 421 055 602 4166

E-mail: maros.nemec@tuke.sk, robert.rudisin@tuke.sk

SANACE VLHKÉHO ZDIVA CHEMICKOU INJEKTÁŽÍ

DAMP MASONRY DRY BY CHEMICAL GROUTING

Zuzana Šimová

Abstrakt

Problémy se sanací vlhkého zdiva se v této době potýká nejen majitel nemovitosti. Objekty vykazující průvodní jevy vlhkého zdiva, mají obvykle nedostatečnou nebo poškozenou hydroizolaci spodní stavby, starší stavby dokonce ani izolace nemají. Podstatou chemické metody je vytvoření dodatečné hydroizolační clony přímo do postiženého místa vlhké konstrukce, kdy je používán chemický prostředek. Izolační clona zamezuje dalšímu postupu vlhkosti do částí konstrukcí mimo tuto clonu.

Klíčová slova: vlhkost, vlhké zdivo, sanace, sanační metoda, chemická injektáž

Abstract

Owners of the properties are struggle with problems with rehabilitation of damp masonry in this time. Buildings which have affected by damp masonry, usually have deficient or damage the waterproofing of subbase, older buildings don't even have any insulation. Purpose of chemical grouting is to make an additional waterproofing membrane into a damp masonry using chemical medium. The waterproofing membrane prevents from spreading moisture to the remaining construction.

Key words: moisture, damp masonry, rehabilitation, reconstruction methods, chemical grouting

1 ÚVOD

Do objektů vlhkost proniká několika různými způsoby. Zdrojem může být voda srážková, voda vztlínající ze zemní vlhkosti, difuze vodní páry a voda kondenzovaná. Průnik vody do konstrukcí může být podpořen hygroscopicitou stavebního materiálu způsobenou zvýšeným obsahem solí ve zdivu. Další častou příčinou vniku vlhkosti do stavby jsou vadné sanitární instalace či zdivo narušené vodou a mrazem. [1]

Provádění dodatečných izolací vyplývá ze skutečnosti, že životnost izolací proti vlhkosti spodní stavby, zajišťující funkčnost zdiva, je nižší než životnost budovy. Z tohoto plyne, že nejméně jedenkrát za období životnosti objektu je nutno izolaci měnit, pokud chceme, aby zdivo plnilo nosnou a tepelně izolační funkci. Dále nelze opomenout skutečnost, že většina staveb starších šedesáti let izolaci proti vlhkosti vůbec neměla. [2]

Následkem vniknutí vlhkosti do konstrukcí objektů je nejen nepříjemně vlhké zdivo, ale současně i velmi vysoký únik tepla a také bujení nebezpečných plísní. V tomto důsledku dochází na objektech k poruchám, jako jsou například trhliny ve zdivu a z toho plynoucí odpadávání vnitřních i vnějších omítek, k degradaci základového nosného systému stavby a dalším.

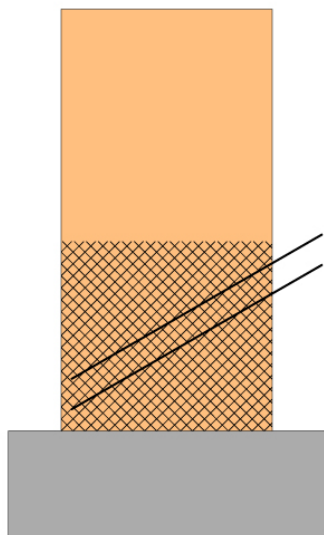
2 CHEMICKÉ INJEKTÁŽE

Základní podstatou chemické metody je vytvoření dodatečné hydroizolační clony přímo do postiženého místa vlhké konstrukce, kdy je používán chemický prostředek. Izolační clona zamezuje dalšímu postupu vlhkosti do částí konstrukcí mimo tuto clonou. Zajišťuje se vhodnými chemicky aktivními látky do struktury materiálů konstrukcí pomocí předem vytvořených vrtů. Odstranění vlhkosti ze zdiva nad takto vytvořenou clonou se zajišťuje nepřímými nebo doplňkovými metodami. [4]

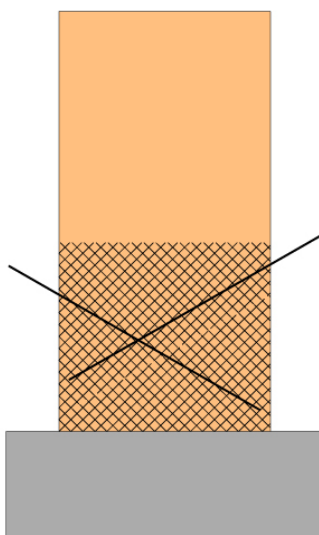
Tuto technologii lze aplikovat do všech typů vlhkého zdiva. Sanace lze provádět jak v konstrukcích s keramickým stěpem, ve smíšeném zdivu, tak i do celokamenné konstrukce.

Podle charakteru, skladby zdiva, jeho tloušťky a dispozice jsou na výběr různé typy chemických injektáží. U zdiva situovaného nad okolním terénem se běžně používají metody jednořadé nebo dvouřadé vodorovné tlakové injektáže. Vrtý se vedou ve vodorovné linii nad podlahou nebo okolním terénem. Natlakováním hmoty je zabráněno dalšímu průniku vztlínající kapilární vlhkosti z podzákladí budovy. Zdivo situované pod úrovní terénu, které nelze odkopat, je vhodné ošetřit plošnou tlakovou injektáží. U zdiva s tloušťkou větší než 1 metr se doporučuje provést oboustranná injektáž z důvodu zajištění kompaktního propojení injektážní hmoty mezi jednotlivými vrty. Osazení vrtů se volí tak, aby spodní ústí vrtů zasahovalo těsně nad navazující hydroizolaci. Provádí-li se vrtý v exteriéru, měly by být osazeny 200 mm nad chemickou clonou pro srážkovou vodu. Dodržením technologického postupu, zejména dodržením určeného dávkování injektážní hmoty, je zaručena výsledná kvalita a očekávaný účinek části sanace. Tento způsob dodatečné hydroizolace je velmi komfortní a pro objekt vhodný.

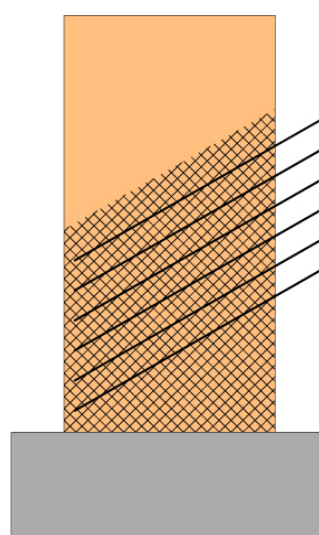
Druhy injektáží:



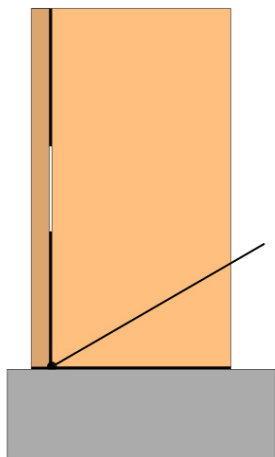
Obr 11. Horizontální 2-řadá jednostranně injektovaná



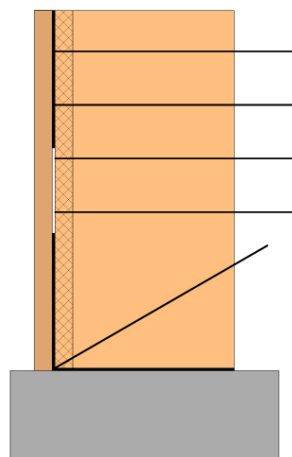
Obr 12. Horizontální 1-řadá oboustranně injektovaná



Obr 13. Plošně jednostanně injektovaná



Obr 14. Cílená injektáž k izolaci 1-řadá



Obr 15. Plošná injektáž k izolaci

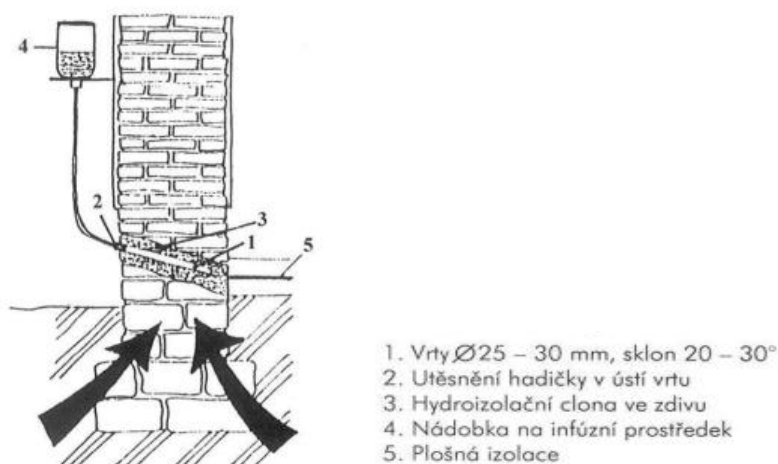
Pokud se po vyvrtání otvorů zjistí praskliny, dutiny nebo otevřené spáry, vyplní se spolu s vývrtí speciální suspenzí. Tato suspenze se do nich vtlačuje ve formě tekuté malty. Před jejím zatvrdnutím (30 minut až maximálně 3 hodiny) se otvory znovu převrtají.

Vzdálenost vývrtů se řídí podle nasákavosti zdiva. Je-li nasákavost velká, může být vzdálenost vývrtů větší, je-li nižší, je menší i vzdálenost vývrtů. Maximální vzdálenost vývrtů je 120 mm. Průměr vývrtů při tlakové injektáži je asi 30 mm, sklon vývrtů (shora dolů) 45° až 20°. Hloubka vývrtů by měla být asi o 5 cm kratší, než je tloušťka zdi.

Před naplněním injektážním roztokem je nutno odstranit prach vzniklý vrtáním. Pokud jsou stěny a zdi silnější než 0,5 m, je nutné provést vývrtí z obou stran. Stejně tak oboustranně se ošetřují rohy zdí. U silných zdí se reakce účinku hydrofobizace značně prodlužuje. [6]

2.1 Beztlaková injektáž

Beztlakové injektáže patří k nejběžnějším a nejpoužívanějším způsobům aplikace. Injektážní látka impregnuje do zdiva přes vrty a po zreagování vytváří neprostupnou vrstvu proti vztlínající vlhkosti. Injektážní šikmé vrty se provádí o průměru 25 - 32 mm v osové vzdálenosti 120 - 150 mm od sebe to je 7 - 8 vrtů na bm zdiva, v závislosti na vlhkosti, materiálovém složení a vazbě zdiva. S ohledem na beztlakové injektování se volí sklon vrtů 20° - 45°. Spotřeba injektážního prostředku je cca 20 l/m² půdorysu zdiva. Vrt zpravidla prochází dvěma ložnými maltovými spárami, v závislosti na tloušťce zdiva. Hloubka vrtů bývá vždy o 50 mm kratší, než je tloušťka zdiva. Některé technologie spojují vrty vysekanou drážkou, na jejímž venkovním okraji vytvoří z vodonepropustné malty val a infuzní roztok nalévají do takto vytvořeného korýtko. Tím se zajišťuje rovnoměrná hladina infuzního roztoku ve všech vrtech. Beztlakovou infúzí je vhodné aplikovat nízkoviskózní roztoky, které snadno a dostatečně hluboko penetrují. [4]



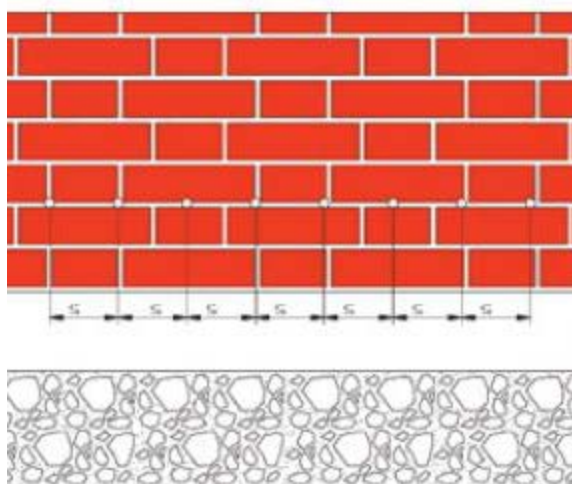
Obr 16. Beztlaková chemická injektáž

2.1.1 Technologický postup beztlakové injektáže

Povrch nebo spáry zdiva v injektované zóně se uzavřou sanační maltou nebo izolační stěrkou, aby injektážní látka nemohla unikat ze zdiva při injektování. U zdiva, ve kterém se zjistí existenci dutin v konstrukci zdiva, je třeba provést před zahájením vlastních injektáží jejich vyplnění například řídkým cementovým mlékem, provede se takzvaná předinjektáž vrtů cementovým mlékem s tím, že vrtý se následně po zatvrdnutí cementové výplně znovu převrtají.

V injektované zóně zdiva se provedou injektážní vrtý pomocí elektrických nebo pneumatických vrtacích kladiv. Odstup vrtů je závislý na nasákavosti stavebních materiálů, stanoví se od středu vrtu a neměl by překročit 150 mm. Průměrný počet vrtů na 1 bm zavlhělého zdiva je 8 ks, tedy po 120 mm, v závislosti na materiálovém složení a vazbě zdiva. U materiálů s velkou pórovitostí a odvápněnou maltou se volí rozteč vrtů větší, u konstrukcí z materiálů s malými póry a cementem nastavenou maltou se volí rozteč vrtů menší přibližně 100 mm. U obvodových stěn se zpravidla vrtý provádí mezi podlahou a vnějším terénem, se sklonem od úrovně vyšší k úrovni nižší. U vnitřních stěn s kompaktními podlahami se provádí vrtý a injektáž co nejbliže k úrovni podlahy.

Hloubka vrtu u jednostranného vrtání je dána tím, že vrt musí končit minimálně 50 mm před protějším lícem stěny. Například u zdiva tloušťky 45 cm se sklonem vrtů 30° je délka vrtu 45 cm. U oboustranně prováděných vrtů se délka vrtu volí cca 1/2 tloušťky zdiva.



Obr 17. *Osové vzdálenosti vrtů
120-150 mm*



Obr 18. *Provádění injektážních vrtů [5]*

Před vlastní injektáží je nutné odstranit prach vzniklý vrtáním stěn, vysátím nebo profouknutím stlačeným vzduchem.

Injektážní přípravek se nalévá do vrtů přes plnicí kartuše s nálevkou, které mají stejný průměr jako průměr vrtu 15 až 30 mm, o osových vzdálenostech 120 - 150 mm. Naplňování vrtů se provádí nepřetržitým způsobem až do vpravení předepsaného množství injektážního prostředku. Před vlastní aplikací nutno injektážní přípravek řádně promíchat. Na průměru vrtu také závisí nutný počet nalévacích cyklů – čím větší průměr vrtu, tím méněkrát je třeba injektáží prostředek do vrtů nalévat. Nalévání injektážního prostředku probíhá průměrně ve dvou až třech krocích, vždy je třeba předem stanovit množství injektážní látky na jeden vrt.

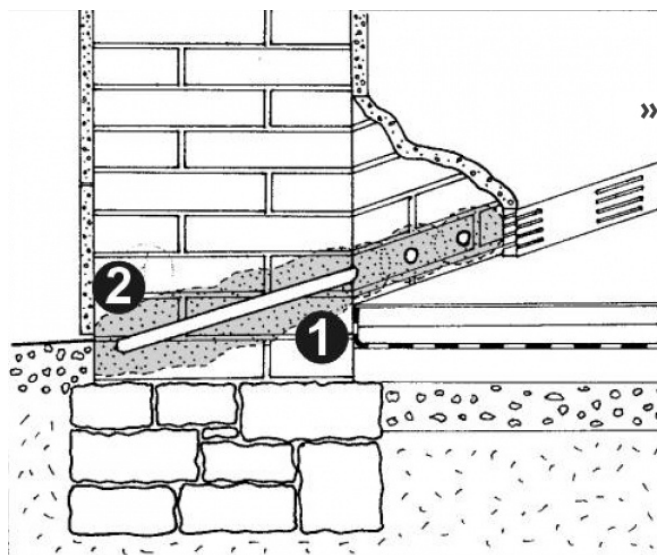


Obr 19. *Překrytí vrtů difuzní lištou [8]*

Hydrofobizující účinek nastává přibližně po 24 hodinách, mezi zahájením a ukončením zalévání vrtů injektážím prostředkem nesmí proběhnout doba větší než 12 hodin, protože vlastní hydrofobita zdiva začíná působit po 12-ti hodinách.

Pokud se injektáž provádí u základů pod úrovní terénu, je nutné provedení také vertikální izolace nejlépe ze živичné stěrky, aby byla zajištěná účinná ochrana proti boční vlhkosti.

Po provedené injektáži je vhodné vrty ponechat otevřené, nebo je profouknout vzduchem (i teplým) pro urychlení zreagování injektážní látky. Injektážní vrty se překryjí difuzní lištou, nebo sanační maltou. Na sanované zdivo se musí provést sanační omítka, která lépe propustí stávající vlhkost zdiva a eliminuje krystalizaci solí na povrchu stěn při vysychání. [7]



Obr 19. Překrytí vrtů difuzní lištou [7]

2.2 Tlaková injektáž

Tlaková injektáž je nejvhodnější pro dosažení maximálního rozptýlení a zajišťuje úplnou saturaci podkladu a je nevyhnutelná v případech, kdy obsah vlhkosti v podkladu je vyšší než 50%.

Tlakové injektáže se provádí do vrtů průměrů 10 až 20 mm v osových vzdálenostech 100 až 120 mm. Vrty lze provést v porovnání s beztlakovou aplikací v menším sklonu, případně vodorovně. Platí podmínka, aby vrt procházel alespoň jednou ložnou maltovou spárou. Tlakové plnění je požadováno pro více viskózní látky. Více viskózní látky nejsou schopny zatékat do pórů zdiva, a proto se používá tlakové plnění. Injektuje se pod tlakem v rozmezí 0,3 - 2,0 MPa prostřednictvím injektorů uchycených v ústí vrtů a nechá se působit pod tlakem 5 - 10 minut. Tlak se mění v závislosti na odporu podkladu proti pronikání, stupni nasycení, pórovitosti apod.

Otvory a jejich příprava se provádí shodně jako u metody beztlakové injektáže, včetně osazení plnicí tlakové hadice. Její utěsnění je zde ještě důležitější a obtížnější než u hydrostatického přetlaku. K tomuto účelu se používají tzv. „packery“, které zajistí těsné uzavření vrtu a přes „tlakovou mazničku“ se zpětným ventilem se vrt plní pomocí vysokotlaké pumpy. [4] [9]

2.2.1 Technologický postup tlakové injektáže

Přípravné práce u tlakových injektáží jsou totožné jako u beztlakových injektáží, viz. odstavec 2.1.1 *Technologický postup beztlakové injektáže*.

Osazení pakrů se provede mechanicky, tj., naklepnutím do předvrtaného otvoru, pakr obsahuje kuličkový uzávěr. Injektážní stroj s membránovým čerpadlem a manometr je umístěn na těle stroje nebo na aplikační pistoli. Pracovní tlak se pohybuje mezi 15 – 20 barů.



Obr 20. *Osazení pakrů na vrty [5]*



Obr 21. *Osazení pakrů talkovým zařízením [5]*

Injektážní tekutina se aplikuje v jednom, případně ve dvou, pracovním kroku v plném objemu, opakovaná injektáž se provádí pouze při výskytu dutiny, po opětovém převrtání předinjektovaných vrtů.

Po provedení aplikace injektážního přípravku následuje demontáž zabudovaných pakrů. Proveďte se zatmelení jednotlivých vrtů například rychlovazným cementem nebo cementovou směsí.

2.3 Plošné injektáže

Chemické plošné izolace zdiva se využívají v celé tloušťce stěny, kde za sanovanou stěnou je konstrukční mezera nebo nesourodá zemina. Plošnou **izolaci zdiva** je možné použít jak proti vztlínající zemi vlhkosti, tak i spodní či podpovrchové tlakové vodě. [5]



Obr 23. *Plošná injektáž [5]*

3 INJEKTÁŽNÍ PŘÍPRAVKY

Injektážní přípravky pro chemické injektáže se dělí podle chemického složení a podle možnosti použití u beztlakových a tlakových injektáží.

Silikonové mikroemulze

Jsou to koncentrované silanové a siloxalové mikroemulze bez obsahu rozpouštědel, které se ředí vodou přímo na stavbě před použitím. Používá se pro zabránění vzlinající vlhkosti kapilárními póry. Možnost použití u beztlakové injektáže nebo u nízkotlakové injektáže s tlakem do 1 baru. Mikroemulze se musí zapracovat v průběhu 24 hodin po smíchání s vodou.

Orientační spotřeba silikonové mikroemulze na tloušťku zdiva 400 mm je 8-9 kg roztoku/m s mísícím poměrem 1 díl silikonové emulze ku 15 až 19 dílům vody. [10]

Silikonové krémy

Injektážní prostředky krémové konzistence, zajišťující spolehlivou aplikaci i u starého zdiva (i smíšeného – kámen, cihla, hliněná cihla tzv. vepřovice). Lze injektovat i zdivo, které již bylo v minulosti hloubkově hydrofobizováno. Metoda je 100% inertní vůči minerálním materiálům ve zdivu, nepodporuje tvorbu solí, bez těkavých organických sloučenin.

Krém je zaváděn jednoduchou aplikační pistolí do vrtů v sanovaném zdivu, proto spadá do systému beztlakové injektáže. Jakmile je krém zaveden do vrtů, využívá vlhkosti obsažené ve zdivu k difuzi do těch míst, kde je nejvíce zapotřebí předtím, než vytvrdne do vodu odpuzující pryskyřice. [11]

Jednosložkové a dvousložkové polyuretanové pryskyřice

Pryskyřice jsou výrobky na bázi polyuretanu, které polymerují za přítomnosti vlhkosti obsažené ve zdivu. Jde o kapalnou, hydroizolační a odvlhčující hmotu bez obsahu fluorovaných a chlorovaných uhlovodíků a halogenů. Velmi dobře ulpívá na suchém i vlhkém podkladu.

Injektážní prostředek okamžitě po použití expanduje do okolních trhlin a kapilár zdiva, vyplňuje je a reaguje s přítomnou vlhkostí ve zdivu. Vytěsňuje vlhkost a uzavírá více než 97 % buněk. Chemickou reakcí nabývá až dvacetipětinásobku svého objemu a má za následek vytvoření dodatečné hydroizolační, voděnepropustné clony. Tato vrstva zabraňuje vzlinání kapilární vlhkosti do takto ošetřeného zdiva. Podle vyhodnocení situace se injektáž provádí v pórovitém stavebním materiálu, cihelném i smíšeném zdivu.

Akrylátové gely

Akrylátové injekční jsou vodné roztoky akrylátů s viskozitou blízkou vodě. Důležitou vlastností těchto gelů je schopnost přijímat vodu, aniž se tím podstatně mění jejich vlastnosti. Hydrofilní pružný gel je nepropustný pro vodu, roztoky solí, zásad, kyselin i pro organické kapaliny a navíc vykazuje dobrou adhezi ke všem běžným stavebním materiálům.

Výsledným produktem je vodotěsný, elastický gel s dostatečnou pevností v tahu a s dobrou adhezí na suchý i mokrá minerální podklad. Gel je odolný vůči změnám teploty kolem nuly, ve vlhkém prostředí je objemově stálý. Snížení vlhkosti má za následek mírné vysychání gelu a tím jeho smršťování, které je však vratné – při opětovném styku s vodou smrštěný gel opět nabobtná a zvětší svůj objem na původní hodnotu.

Zreagovaný gel se nerozpouští ve vodě ani v uhlovodících (ropné produkty). Je chemicky inertní, mikroorganismy ho nerozkládají a odolává solím a plynům, které se vyskytují na stavbách.

Používají se při tlakových injektážích, při vytváření horizontálních clon proti vztlínající vlhkosti ve stavebních konstrukcích s otevřenými póry (cihelné zdivo, pískovec, plynosilikát, beton atd.). [12]

4 ZÁVĚR

Chemické injektážní metody sanace vlhkého zdiva navazují na metody klasické, jimiž se snižuje množství vztlínající vody kapilárami zdiva. Klasickou možností je vytvoření nových izolací, jejichž cílem je funkční vodotěsná izolace celého objektu. Mezi ně patří podřezání zdiva nebo jeho pod bourání a novější metoda elektroosmóza. Těmito metodami se vytvoří dodatečná hydroizolace, tímto ale nemůžeme u většiny staveb považovat sanaci za ukončenou. Aby bylo zabráněno dalšímu vnikání vlhkosti do zdiva, je nezbytné provádět i nepřímé metody a doplňkové metody sanací.

Použitá literatura

1. <http://www.aquaizolace.cz/> [online]. Dostupné z WWW: <http://www.aquaizolace.cz/priciny.html>
2. <http://www.fce.vutbr.cz/> [online]. Dostupné z WWW: http://www.fce.vutbr.cz/veda/dk2004texty/pdf/01_Pozemni%20stavitelstvi/1_02_Konstrukce%20pozemnich%20staveb/Tomicsek_Oldrich1.pdf
3. <http://www.stavebnictvi3000.cz> [online]. Dostupné z WWW: <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/sanace-vlhkeho-zdiva-pri-rekonstrukci-pamatkove-chraneného-objektu-v-trebici/>
4. BENEŠ, Petr. *Sanace a adaptece budov - Modul 01*. Studijní opora. © Ing. Petr BENEŠ, CSc., Brno 2007
5. <http://www.sanace-zdiva.cz/> [online]. Dostupné z WWW: <http://www.sanace-zdiva.cz/index.html>
6. <http://www.asb-portal.cz/> [online]. Dostupné z WWW: <http://www.asb-portal.cz/stavebnictvo/poruchy-a-opravy/sanace-vlhkeho-zdiva-pomoci-chemickych-injektazi-404.html>
7. <http://www.sanace-staveb.cz/> [online]. Dostupné z WWW: <http://www.sanace-staveb.cz/sanacni-technologie/beztlakova-injektaz/technologicky-postup>
8. <http://www.zateplovani.cz/> [online]. Dostupné z WWW: <http://www.zateplovani.cz/problematika-vlhkosti-versus-dodatecne-zatepleni.html>
9. <http://drizoro.cz/> [online]. Dostupné z WWW: <http://drizoro.cz/cz-injektaz-injektaz-zdenych-konstrukci-v57/>
10. <http://www.mapei.com/> [online]. Dostupné z WWW: http://www.mapei.com/public/CZ/products/2005_mapestop_cz.pdf
11. <http://www.gypstrend.cz/> [online]. Dostupné z WWW: <http://www.gypstrend.cz/?clanek=36&tisk=1>
12. JEŘÁBEK, Milan. <http://zakladani.cz> [online]. Dostupné z WWW: http://zakladani.cz/casopis/archiv/4_01/casbody10.htm

Kontaktní údaje

Ing. Zuzana Šimová
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební
Veveří 331/95, 602 00 Brno
Tel: 721 346 389
email: simova.z@fce.vutbr.cz

MIKROKLIMA PASIVNÍ DŘEVOSTAVBY V ZÁVISLOSTI NA UŽÍVÁNÍ OBJEKTU

MICROCLIMATE OF PASSIVE WOODEN BUILDING DEPENDING ON USE

Lenka Michnová, Marcela Černíková, Barbora Hrubá a Lubomír Martiník

Abstrakt

V rámci projektu „SP2012/156 - Monitorování kvality vnitřního mikroklimatu v objektu s nízkou potřebou tepla při různých provozních podmínkách“ bylo prováděno kontinuální měření dvou místností v experimentální pasivní dřevostavbě na pozemku Fakulty stavební. Jedná se o totožné místnosti se stejnou orientací na jih, které jsou vzájemně zrcadlově obráceny. Jde o rodinný pasivní dům, který byl upraven pro potřeby školícího centra, což do jisté míry mění původní provoz objektu. Tento příspěvek se zabývá úpravami v provozních schématech objektu, aby byl jeho provoz optimalizován.

Klíčová slova: *teplota, pasivní dům, dřevostavba, měření, vnitřní prostředí*

Abstract

In the project "SP2012/156 – Indoor quality microclimate monitoring in the low-heat consumption building at different operating conditions" was carried out continuous measurement of two rooms in experimental passive wooden cabins on the property of the Faculty of Civil Engineering. These are the same rooms with the same orientation to the south, which are mutually reversed. It is a family passive house, which has been adapted to the needs of the training center. This adaptation changed the original use of this house. This article deals with the modifications in the object operating diagrams in order to optimize its operation.

Key words: *temperature, passive house, wooden house, measurement, indoor environment*

1 ÚVOD

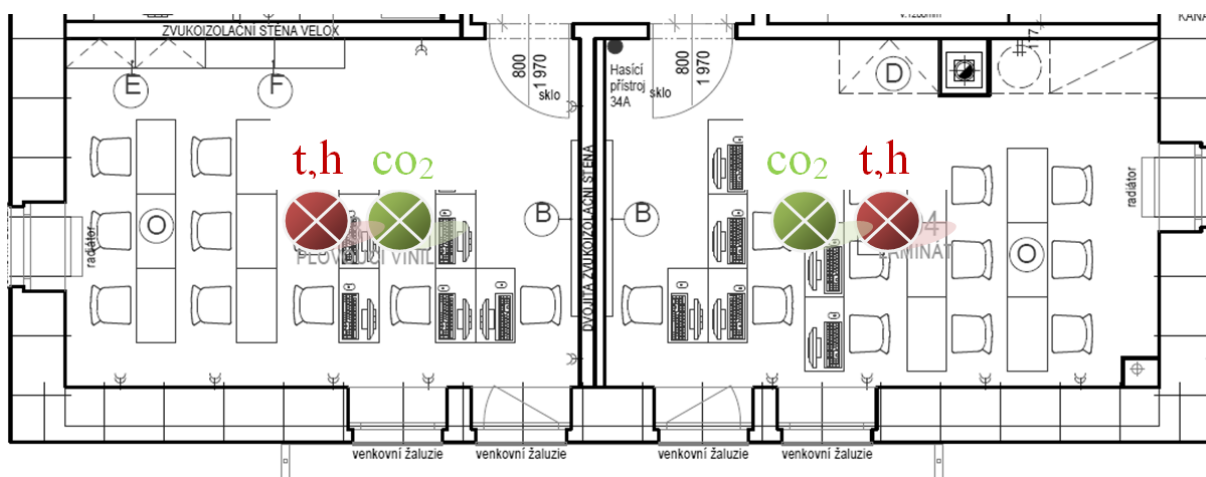
Je znám fakt, že větrání způsobuje znatelné ztráty tepla potřebného pro zajištění optimálního mikroklimatu. Je proto více než vhodné objem větraného vzduchu řídit dle aktuálních potřeb. V budovách známe několik různých provozních stavů, z nichž každý má specifické požadavky na funkci větracího zařízení. Ve zvoleném objektu s nízkou spotřebou tepla je kromě navržené laboratoře TZB, ve které bude umístěno několik zdrojů tepla, i také školící středisko, ve kterém je předpokládán nárazový pobyt většího počtu osob. To nezvratně povede ke zvýšení koncentrace CO₂ a vlhkosti ve vzduchu a taktéž ke značným tepelným ziskům, které bude třeba upravit pro dosažení optimálních parametrů mikroklimatu.

2 PŘEDPOKLADY MĚŘENÍ

Průměrný počet hodin solárního svitu (bez oblačnosti) se v ČR pohybuje od 1400 do 1700 h/rok. Doba trvání slunečního záření se v rámci České Republiky může v průměrných hodnotách lišit až o 500 hodin za rok. Nejmenší počet hodin má severozápad území.

Lokality se od sebe běžně liší v průměru o $\pm 10\%$. Směrem na jihovýchod počet hodin narůstá, čím graduji problémy s přehříváním interiérů budov [2].

Objekt je orientován největší plochou oken směrem na jih, což nutně ovlivní dopad záření do místností. Pro měření byly zvoleny dvě místnosti orientované na jih, které jsou zároveň ve 2.NP, tj. pod střešní konstrukcí. Tyto dvě místnosti mají sloužit jako učebny školícího střediska moravskoslezského dřevařského klastru (dále jen MSDK). V učebnách se uvažuje s obsazeností 12 osob, jednou prezentující osobou a 6-ti počítači se zapojeným dataprojektorem – viz. Obr. 1. To samozřejmě znamená zvýšenou zátěž teplem pro tyto místnosti. I když je inteligentní systém budovy schopný ovládat samočinně venkovní žaluzie, teplo produkované osobami a stroji v interiéru je možné odvézt jedině za pomoci vzduchotechniky.



Obr. 1. Orientace místností a umístění čidel teploty, vlhkosti, CO₂ [6]

Měření probíhá za stejných podmínek obou místností, mění se pouze vnější (dopadající solární záření) a vnitřní vlivy na mikroklima (obsazení osobami, poloha žaluzií). Dopadající solární záření ve směru kolmém (záření dopadající na stěnu) a solární záření ve směru vodorovném (horizont) jsou měřeny snímačem globálního záření na prosklené fasádě fakulty a pyranometrem na její střeše.

2.1 Použité měřicí zařízení

K měření byla použita měřicí sestava:

- *Měřicí ústředna ALMEMO 5690-2* s velkoplošným displejem, velkou rychlostí měření a malými rozměry. Jedna ústředna je umístěna v měřené místnosti v objektu a druhá ústředna je umístěna v budově fakulty pro měření solárních veličin v dané lokalitě – viz. tab. 2.
- *Snímač solárního globálního záření.* Jedná se o snímač vhodný pro venkovní měření v oblasti meteorologie, medicíny a biologie. Snímač má eloxované hliníkové pouzdro, poklop z umělé hmoty propouštějící UV-záření, který zajišťuje odolnost proti dešti a stříkající vodě a nedochází ani k orosení vnitřní strany poklopu. Snímač je napájen z ALMEMO-přístroje.
- *Pyranometr* – je známý také jako tzv. „solarimetr“. Jedná se o přístroj určený k měření intenzity slunečního záření podobně jako snímač globálního záření - přímé sluneční záření + záření rozptýlené atmosférou včetně záření odraženého od mraků. Měření je založeno na principu teplotní difference vzniklé dopadem záření na černou a bílou plochu. Elektrické napětí na připevněných termočláncích je potom úměrné

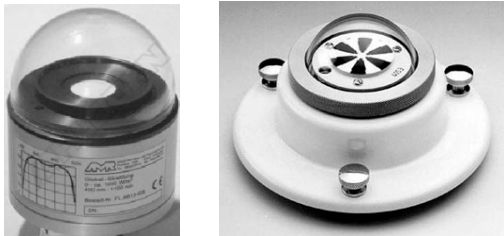
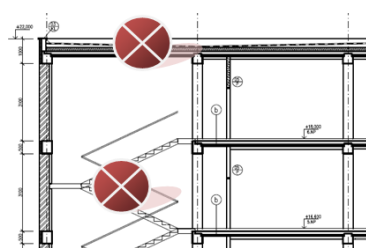
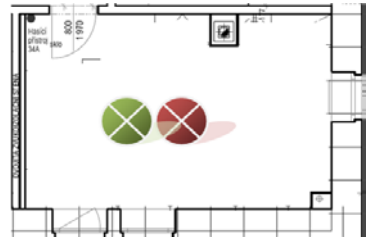
intenzitě solárního záření. Ve spodní části je umístěna výměnná vysoušecí vložka s barevným indikátorem účinnosti a připojovací konektor.

- *RH sondy* – teplotně vlhkostní čidla Ahlborn, která jsou vybavena senzory relativní vlhkosti a teploty. Měřicí rozsahy: 0 až 100% vlhkost a -20 až +80°C teplota. Měřené veličiny jsou přepočítávány na další vyjádření vlhkosti – teplotu rosného bodu, absolutní vlhkost, měrnou vlhkost.
- *Kulový teploměr* – udává tzv. výslednou teplotu okolního prostředí jako míru ochlazovacího účinku daného prostředí. Je určený pro měření střední a radiační teploty v rozsahu -50 až +200°C. Jedná se o teploměr, jehož čidlo – rtuťový teploměr je umístěn ve středu kulového pláště o Ø 100-150 mm z měděného plechu, s matným černým nátěrem na vnější straně.
- *Snímač CO₂* – jsou primárně určena pro sledování kvality vnitřního vzduchu za účelem řízení ventilace. Čidla sledují koncentraci oxidu uhličitého.

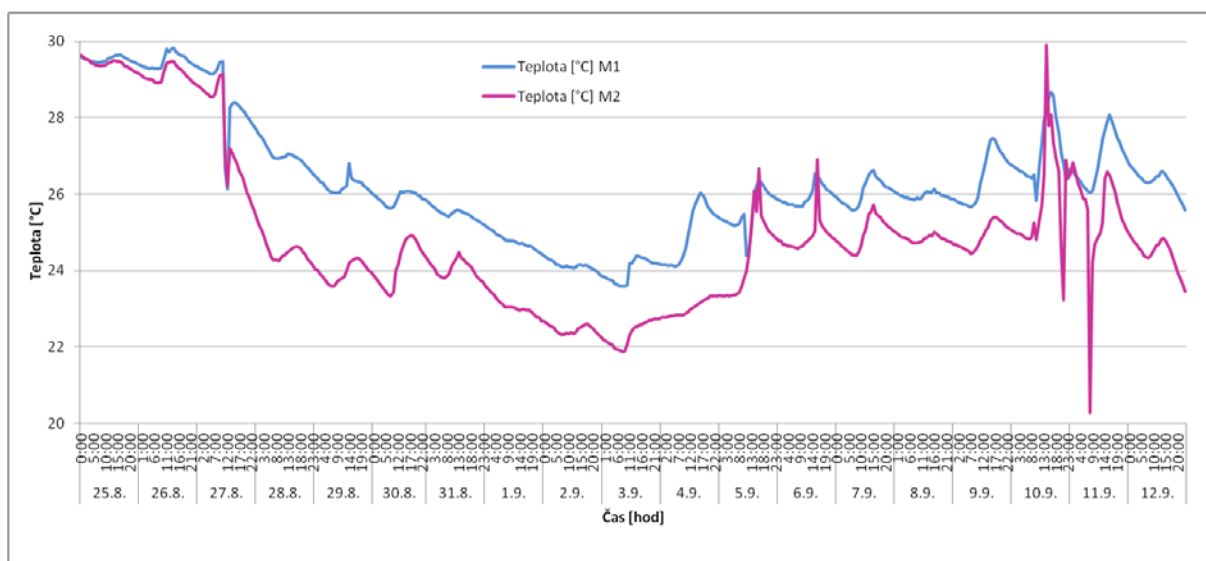
Tab. 1: Příklady koncentrace CO₂:

Koncentrace CO ₂	Hodnocení úrovně CO ₂
360 - 400 ppm	čerstvý vzduch v přírodě
800 - 1000 ppm	doporučená úroveň CO ₂ ve vnitřních prostorech
> 1000 ppm	nastávají příznaky únavy a snižování koncentrace
5000 ppm	maximální bezpečná koncentrace bez zdravotních rizik
35 000 - 50 000 ppm	vydechaný vzduch dospělého člověka

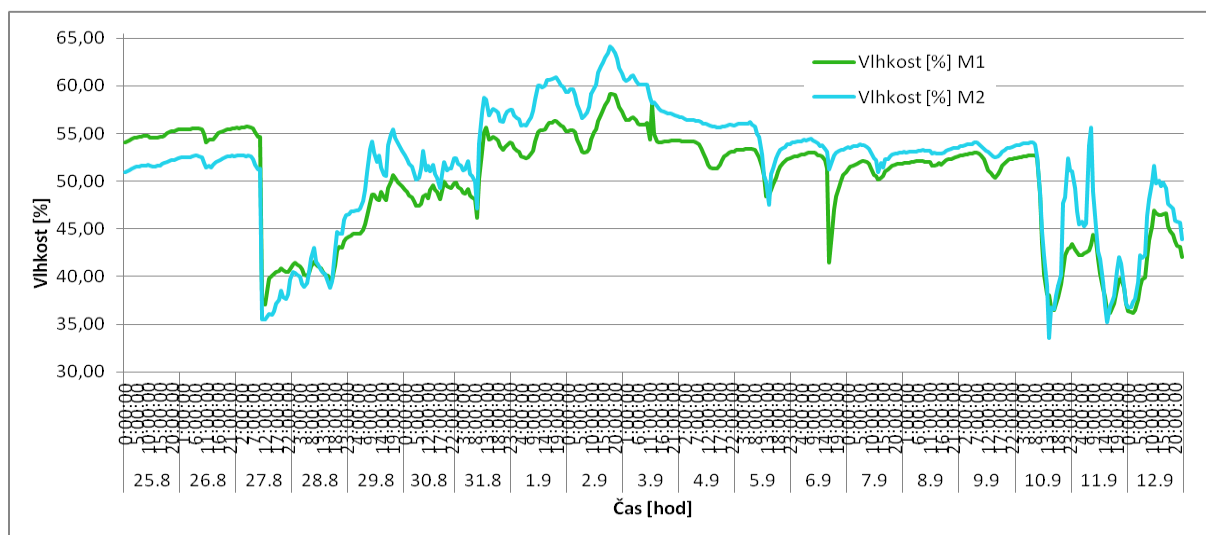
Tab. 2: Použité zařízení pro měření záření

Snímač solárního globálního záření, pyranometr	Umístění snímačů solárního záření na FAST LPI
	
Sestava pro měření vnitřního mikroklimatu	Rozmístění přístrojů v míst. v pasivním domě
	

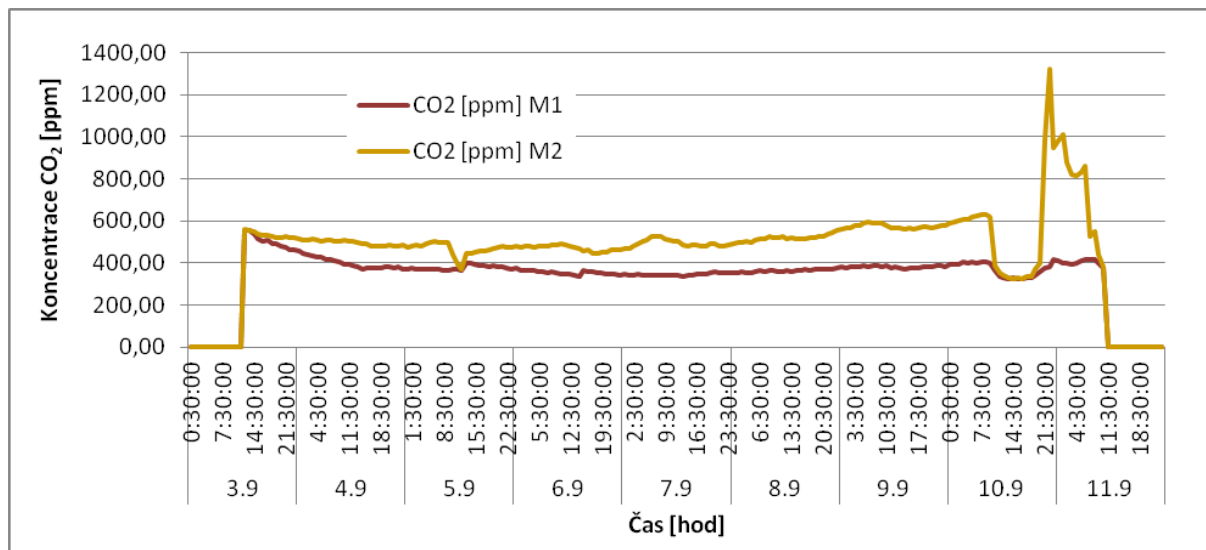
3 PŘEDPOKLADY MĚŘENÍ



Graf. 1. Průběh teplot vnitřního vzduchu v místnostech 1 a 2 v měřeném období



Graf. 2. Průběh vlhkostí vnitřního vzduchu v místnostech 1 a 2 v měřeném období

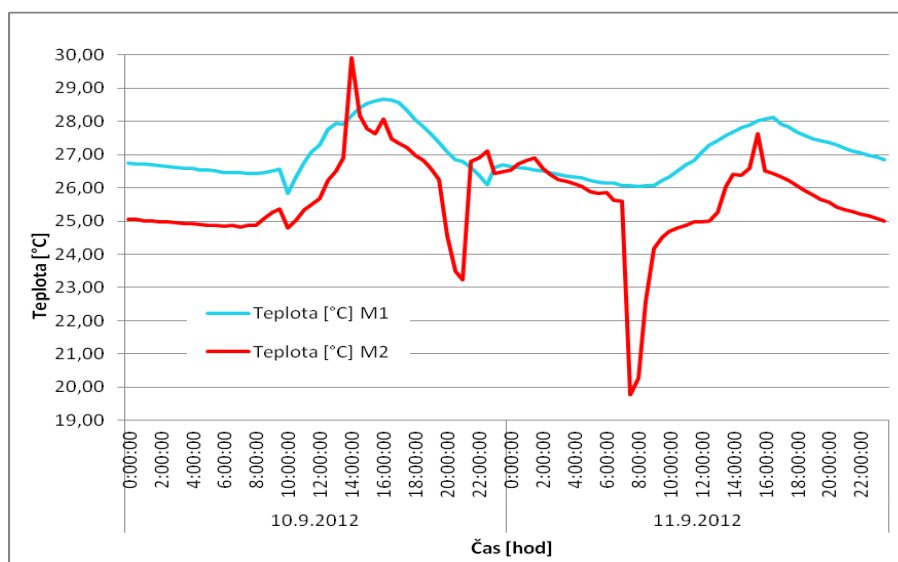


Graf. 3. Průběh koncentrací CO₂ v místnostech 1 a 2 v měřeném období

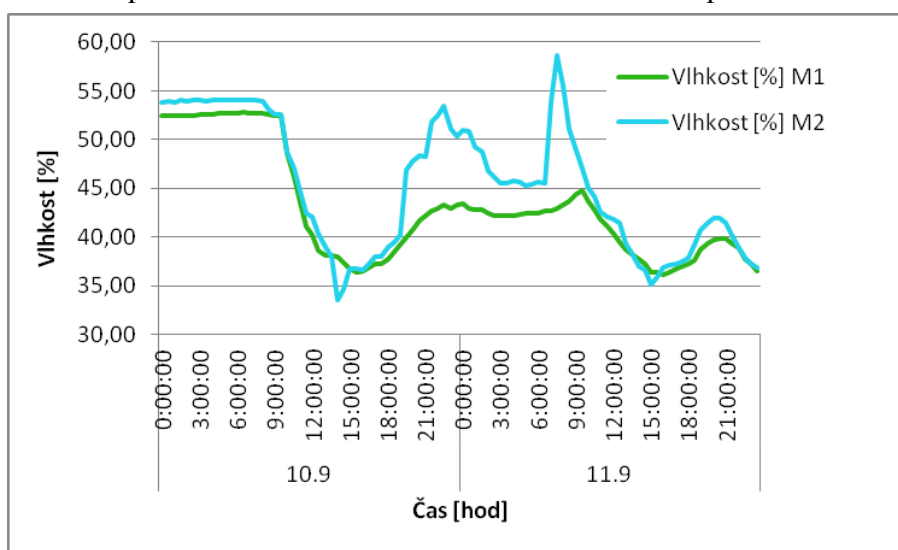
Z grafu č. 1. je patrné, že v rámci jednotlivých dní dochází k lokálním extrémům teplot, což je způsobeno slunečním zářením a zahříváním obvodových konstrukcí objektu. Ve slunečných dnech jsou tyto výkyvy podstatně výraznější, nicméně je to dáno především polohou žaluzií. Např. dne 5.9 a 6.9 je jasně pozorovatelný rozdíl mezi místnostmi se zataženými a vytaženými žaluziemi. Absolutní záporné extrémy teplot dne 10.9. a 11.9. jsou dány rázovým větráním otvorovými výplněmi v nočních a ranních hodinách. Naopak vzestup přes noc z 10.9 na 11.9. je dán pouze vnitřními zdroji, jimiž byla skupina 6 osob, po 22 hodině pouze skupina 3 osob a dataprojektor.

Z grafu č. 2. je názorně vidět, že vnitřní vlhkost je bez vnitřních zdrojů závislá na vnějších povětrnostních podmínkách. V období do 3.9., nebyla v provozu vzduchotechnická jednotka, která částečně reguluje úroveň vnitřní relativní vlhkosti. V období od 3.9. do konce měření byla vzduchotechnická jednotka v provozu a vlhkost se ustálila. Patrný je výkyv dne 10-11.9., kdy díky větrání otvorovými výplněmi klesla úroveň relativní vlhkosti a přes noc opět stoupla pouze působením vnitřních zdrojů - viz. výše.

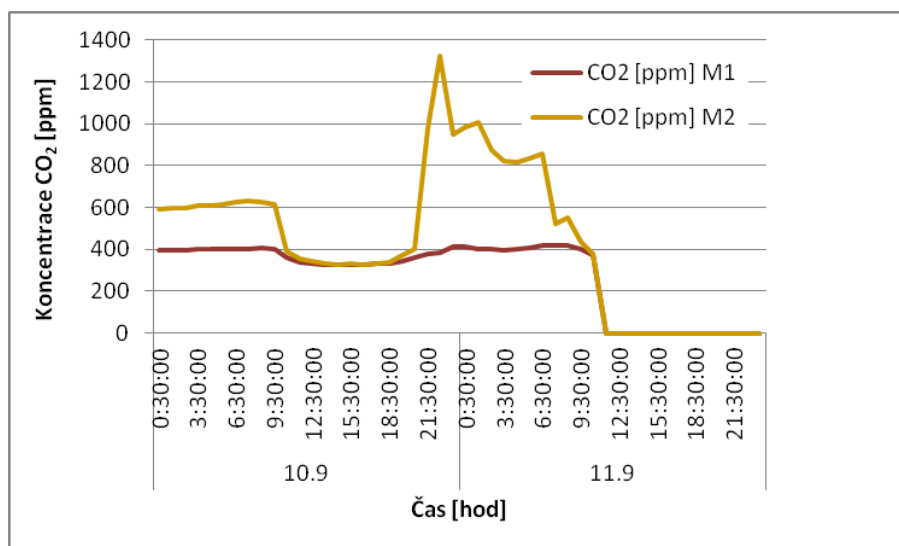
Graf č. 3. znázorňuje průběh koncentrace CO_2 v objektu. Vzhledem k tomu, že úroveň CO_2 je úměrná působení vnitřních zdrojů, není v grafu patrný výraznější výkyv, kromě výše zmíněného nočního měření.



Graf. 4. Průběh teplot vnitřního vzduchu v místnostech 1 a 2 v průběhu nočního měření



Graf. 5. Průběh vlhkostí vnitřního vzduchu v místnostech 1 a 2 v průběhu nočního měření



Graf. 6. Průběh koncentrace CO₂ v místnostech 1 a 2 v průběhu nočního měření

Vzhledem k předchozím výsledkům bez přítomnosti osob nebo kancelářské techniky, které byly uspokojivé, bylo nutné zjistit, jak se objekt chová s vnitřními zdroji tepla, vlhkosti a CO₂ při různých zatěžovacích procesech. Z tohoto důvodu podnikla výzkumná skupina s figuranty večerní a noční měření při uzavřených otvorových výplních a fungující vzduchotechnice.

Z grafu č. 4. Je patrné, že došlo k ochlazení místnosti 2 v důsledku intenzivního větrání a celkový nárůst teploty mezi jednotlivými větráními je dán pouze vnitřními zdroji tepla v místnosti a akumulovanou teplotou ve střešní a obvodové konstrukci. Vlhkost se chová obdobně jakoteplota –viz. graf. č. 5.

Nejzajímavějším výstupem nočního měření je fakt, že při polovičním obsazení školící místnosti v průběhu nočních hodin, kdy je prakticky eliminován vliv vnějších zdrojů znečištění, vystoupala koncentrace CO₂ až na hodnotu 1384 ppm. Tato koncentrace odpovídá dle tab. 1. hodnotě, při níž nastávají příznaky únavy a dochází ke snižování koncentrace.

4 NÁVRH OPATŘENÍ PRO ZLEPŠENÍ MIKROKLIMATU V OBJEKTU

Snížení tepelné zátěže budovy od působícího slunečního záření v letním období je v praxi již zajištěno automatickým systémem ovládání venkovních žaluzií. Zde v praxi není příliš prostoru pro jakákoliv jiná opatření. Naopak je tomu u tepelné zátěže budovy od vnitřních zdrojů tepla. K hlavním vyvíječům tepelné zátěže patří počítače, laserové tiskárny a monitory, jak LCD, tak především zastaralé CRT monitory [1]. Tento problém lze řešit buďto upraveným provozem objektu nebo vhodně regulovaným vzduchotechnickým systémem. Co se týká zátěže CO₂, to je jasně dáno množstvím zdrojů CO₂ v objektu/místnostech. Řešení se nabízí stejné jako u vnitřní tepelné zátěže.

Dle WHO (World Health Organization = světová zdravotnická organizace) v roce 1984 pociťovalo 30% osob v moderních zemích tzv. SBS (Sick Building Syndrom = syndrom nemocných budov), v roce 2002 již tento syndrom pociťovalo 60% osob. Jako jedna z hlavních příčin je uváděna nedostatečná kvalita interního mikroklimatu budov a dostatečný objemový průtok přiváděného vzduchu do místnosti na osobu [5].

Jednotlivá navrhovaná opatření lze shrnout do dvou kategorií:

- Investiční opatření
- Provozní opatření

4.1 Investiční opatření

Vzhledem k tomu, že na straně exteriéru jsou všechna opatření již realizována, je třeba se zaměřit na opatření na straně technického zařízení budovy v interiéru. Zkušenosti ze zimního období ještě nejsou k dispozici, nicméně v letním období bylo zjištěno, že dochází k přehřívání interiéru i ke zvyšování hladiny CO_2 . Na straně vzduchotechniky, která má zajišťovat odvod přebytečného tepla a CO_2 , je problém v zásadě ve stejném větrání celého objektu bez ohledu na užívané místnosti. Tím, že vzduchotechnika odsává vzduch ze všech místností, dochází k rozmělnění jejího větracího výkonu i na neužívané části domu. Řešením by pravděpodobně bylo, kdyby se instalovaly automatické regulační klapky na přívodních větvích do jednotlivých místností. Díky tomuto opatření by bylo možno uzavřít přívody do ostatních místností a tím zvýšit objemový průtok vzduchu do užívané místnosti. Díky větší výměně vzduchu dojde ke snížení jak tepelné zátěže obecně, tak ke snížení koncentrace CO_2 . Nicméně jde o náročnější opatření, jež jsou vzhledem k nedávné kolaudaci objektu ekonomicky nepřijatelná.

Další možností je instalace PCM materiálů do podhledů ve 2.NP nebo stěn objektu. Tyto materiály jsou schopny jímat teplo a později jej vyzařovat zpět do prostoru a tím je možno docílit fázového posuvu tepelných špiček. Navíc je díky přirozené konvekci PCM materiálů zabráněno nepříjemné tepelné stratifikaci [3]. Z hlediska proveditelnosti je snazší instalace do podhledů v již dokončeném objektu.

4.2 Provozní opatření

Jde o sadu doporučení k úpravě provozu objektu, jež neznamenaají výrazně zvýšené investiční náklady na objekt, přičemž mohou znamenat relativně velkou úsporu na nákladech provozních při zlepšení mikroklimatu.

- Při větších nárazových akcích uzavřít manuálně vyústky v nepoužívaných místnostech, aby bylo docíleno větší výměny vzduchu v užívaných místnostech.
- Při větších nárazových akcích nastavit vzduchotechnickou jednotku na co největší objemový průtok vzduchu.
- Pokud to není nutné, nerealizovat školení v obou školících místnostech najednou, aby bylo možné přesměrovat veškerý větrací výkon do jedné místnosti.
- Vzhledem k lokalitě je třeba pravidelně kontrolovat filtry ve vzduchotechnické jednotce, aby se zabránilo nárůstu tlakových ztrát v potrubí.
- Pokud to světelně technická situace dovolí, ponechat venkovní žaluzie v automatickém režimu pro zabránění solárním ziskům.
- Realizovat školení s přestávkami po jedné hodině na rázové vyvětrání CO_2 .
- V případě provozu laboratoře v 1.NP a provozu kotlů v letním období je třeba vypnout cirkulaci vzduchu v objektu a přivádět pouze čerstvý vzduch z venkovního prostředí.
- Používat dataprojektor a LCD monitory v ekonomickém módu, při kterém sálají méně tepla do prostoru.

5 ZÁVĚR

Vnitřní mikroklima je jeden z nejdůležitějších aspektů zdravého bydlení a pobytu v pracovním prostředí. Pro udržení stability vnitřního prostředí je nezbytné již v projektové přípravě dřevostaveb navrhovat zodpovědně skladbu konstrukcí, tvořících obálku budovy, odpovídající regulační techniku (termostatické ventily, regulace vytápěcího systému) spolu s optimálním návrhem způsobu výměny vzduchu a udržení doporučených hodnot teploty vnitřního vzduchu a relativní vlhkosti vnitřního vzduchu [4]. Měřený objekt je v zásadě dobře navržen i proveden, nicméně je třeba vzhledem k jinému systému využívání objektu stanovit také jiný provozní režim, ve kterém může objekt dobře plnit své funkce. V zásadě jde o to, že pasivní objekt s inteligentním řízením je pro obsluhu náročnější a je třeba jej dobře nastavit a zaregulovat.

Z tohoto a z výše zmíněných důvodů budou pokračovat měření mikroklimatu v budově při různých provozních stavech jak mimo topnou sezónu, tak i v sezóně topné.

6 PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek byl zpracován členy výzkumných skupin prostředí staveb a pozemního stavitelství projektu CZ.1.07/2.3.00 /20.0013 – „Tvorba a internacionalizace špičkových vědeckých týmů a zvyšování jejich excelence na Fakultě stavební VŠB-TUO“ v rámci Studentské grantové soutěže - Specifického vysokoškolského výzkumu „SP2012/156 - Monitorování kvality vnitřního mikroklimatu v objektu s nízkou potřebou tepla při různých provozních podmínkách“.

Použitá literatura

1. BURŠOVÁ, M., SKOTNICOVÁ, J., TYMOVÁ, P., GALDA, Z., *Tepelně technické parametry staveb v letním období*. Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, řada stavební, 2011, roč. 11, č. 1. Ostrava : VŠB-TUO, 2011, s. 245-254. ISSN 1213-1962.
2. ČERNÍKOVÁ, M., LABUDEK, J., MARTINÍK, L., MICHNOVÁ, L., *Mikroklima požárního schodiště v závislosti na solárním záření*. Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, řada stavební, 2011, roč. 11, č. 2. Ostrava : VŠB-TUO, 2011, s. 297-304. ISSN 1213-1962.
3. KUZNIK, Frédéric, Joseph VIRGONE, and col.: *Energetic efficiency of room wall containing PCM wallboard: A full-scale experimental investigation*. *Energy and Buildings*. 2008, roč. 40, č. 2, s. 148-156. ISSN 03787788. DOI: 10.1016/j.enbuild.2007.01.022. Dostupné z <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378778807000643>
4. SVATOŠOVÁ, I., *Ověřování předpokládaných vybraných mikroklimatických vlastností dřevostaveb v praxi*. Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, řada stavební, 2011, roč. 11, č. 2. Ostrava : VŠB-TUO, 2011, s. 305-312. ISSN 1213-1962.
5. WARGOCKI, P., J. SUNDELL, and col.: *Ventilation and health in non-industrial indoor environments: report from a European Multidisciplinary Scientific Consensus Meeting (EUROVEN)*. *Indoor Air*. 2002, roč. 12, č. 2, s. 113-128. ISSN 0905-6947. DOI: 10.1034/j.1600-0668.2002.01145.x. Dostupné z: <http://www.blackwell-synergy.com/links/doi/10.1034/j.1600-0668.2002.01145.x>
6. Výzkumné a inovační centrum MSDK. PAVLÍK, Josef. *Časopis stavebnictví* [online]. 2012 [cit. 2012-09-13]. Dostupné z: http://www.casopisstavebnictvi.cz/vyzkumne-a-inovacni-centrum-msdk_N5037

Kontaktní údaje

Ing. Lenka Michnová

VŠB - TU Ostrava, Fakulta stavební, katedra Prostředí staveb a TZB

Ludvíka Poděštné 1875/17; 708 33, Ostrava - Poruba

Tel: 597 321 975

email: lenka.michnova@vsb.cz

Ing. Marcela Černíková

VŠB - TU Ostrava, Fakulta stavební, katedra Prostředí staveb a TZB

Ludvíka Poděštné 1875/17; 708 33, Ostrava - Poruba

Tel: 597 321 975

email: marcela.cernikova@vsb.cz

Ing. Barbora Hrubá

VŠB - TU Ostrava, Fakulta stavební, katedra Pozemního stavitelství

Ludvíka Poděštné 1875/17; 708 33, Ostrava - Poruba

Tel: 597 321 916

email: barbora.hruby@vsb.cz

Ing. Lubomír Martiník

VŠB - TU Ostrava, Fakulta stavební, katedra Prostředí staveb a TZB

Ludvíka Poděštné 1875/17; 708 33, Ostrava - Poruba

Tel: 597 321 975

email: lubomir.martinik@vsb.cz

INOVACE VE STAVEBNICTVÍ
INNOVATION IN BUILDINGS

VZDĚLÁVÁNÍ V OBLASTI ENVIRONMENTÁLNÍCH TECHNOLOGIÍ – NOVÉ TECHNOLOGIE A POSTUPY V ÚPRAVĚ PITNÉ VODY A VE VODÁRENSTVÍ

EDUCATION IN THE FIELD OF ENVIRONMENTAL TECHNOLOGIES – NEW TECHNOLOGIES AND APPROACHES IN DRINKING WATER TREATMENT AND WATER SUPPLY

Kateřina Slavičková, Iva Čiháková

Abstrakt

Cílem příspěvku je představit probíhající projekt OPPA č. CZ.2.17/1.1.00/34096 z „Operačního programu Praha adaptabilita“ a prezentovat nové environmentální technologie a přístupy v oblasti úpravy pitné vody a zásobování vodou. Projekt je zaměřen na rozvoj a vzdělávání zaměstnanců dvou menších firem rozšířením znalostí o nejnovější environmentální technologie využitelné ve vodním hospodářství. Řešení projektu je rozděleno do čtyř tematických celků, čištění odpadních vod, úprava pitné vody a zásobování pitnou vodou, revitalizace vodních toků a nádrží a poslední oblastí je hospodaření s dešťovými vodami. Příspěvek informuje o vybraných nových environmentálních technologiích v oblasti úpravy pitné vody a zásobování pitnou vodou, které jsou součástí druhé výukové části projektu.

Klíčová slova: vzdělávání, environmentální technologie, pitná voda, úprava vody, zásobování pitnou vodou

Abstract

The main goal of the paper is introduction of the running project OPPA n. CZ.2.17/1.1.00/34096 funded from European social fund- Prague Adaptability and presentation of new environmental technologies in the field of drinking water treatment and water supply. The project is focused on education of employers of two small companies in the field of environmental technologies applicable in water management. The project is divided to four thematic parts, waste water treatment, drinking water treatment and drinking water supply, restoration of rivers, creeks and reservoirs and sustainable water drainage. The article presents second part of the project, new environmental technologies used in drinking water treatment and drinking water supply.

Key words: Education, environmental technologies, drinking water, water treatment, drinking water supply

1 ÚVOD

Environmentální technologie je obecně, v souladu s kapitolou 34 Agendy 21, definována jako technologie, jejíž dopady na životní prostředí jsou nižší, než je tomu u technologie v ostatních parametrech srovnatelné. Ná vazně je definován průmysl environmentálního zboží a služeb (ekoprůmysl) jako aktivity produkující zboží a služby, jejichž cílem je měřit, zabránit,

limitovat, minimalizovat nebo napravovat škody na životním prostředí v oblasti klimatu, vody, ovzduší a půdy stejně jako problémy, které se týkají odpadů, hluku a ekosystémů.

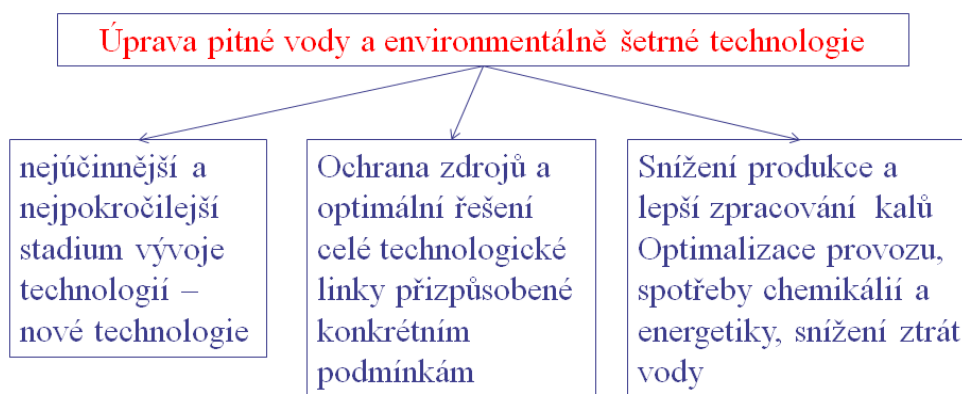
Nejlépe definovanou a právními předpisy zakotvenou kategorií environmentálních technologií jsou nejlepší dostupné techniky (**Best Available Techniques, BAT**). Dle zákona č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci se nejlepšími dostupnými technikami rozumí nejúčinnější a nejpokročilejší stadium vývoje technologií a činnosti a způsobů jejich provozování, které ukazují praktickou vhodnost určitých technik navržených k předcházení, a pokud to není možné, tak k omezování emisí a jejich dopadů na životní prostředí. (3)

Environmentálně šetrné technologie lze rozdělit na technologie, které snižují již vzniklé znečištění, tzv. „end-of-pipe“, neboli technologie první generace a technologie druhé generace, které se snaží primárně omezit již samotný vznik znečištění u zdroje a tak eliminovat nežádoucí dopady na prostředí, v praxi se jedná o technologie, jejichž dopad na životní prostředí je nižší než u srovnatelných technologií.

2 ENVIRONMENTÁLNÍ TECHNOLOGIE V ÚPRAVĚ PITNÉ VODY

Environmentálně specifický přínos environmentálních technologií a ekoinovací spočívá v efektivnějším využívání zdrojů a v omezení tlaků na životní prostředí (zejména emise skleníkových plynů a látek znečišťujících ovzduší, znečištění vod, produkce odpadů).

Všechny technologie a postupy a vhodnost jejich využití je třeba řešit z pohledu návrhu environmentálně nejvhodnější technologie pro dané podmínky. Ten musí být vždy posouzen individuálně dle jakosti surové vody a velikosti úpravní vody a ověřen zkouškami. Součástí by měl být takový pohled na problematiku úpravy pitné vody, který vede k omezení negativních vlivů procesu úpravy pitné vody na životní prostředí a k efektivnímu odstranění nežádoucích látek na úpravě pitné vody tak, aby byla garantována jakost vody a její zdravotní nezávadnost.



Obr.1 Úprava pitné vody a environmentálně šetrné technologie (vlastní zdroj)

2.1 Pět klíčových strategií pro omezení dopadu technologií a procesu úpravy vody na životní prostředí

1. Kontrola zdrojů – největší úspora z hlediska odstraňování konkrétního znečištění může být dosažena tím, že díky důsledné kontrole a ochraně se zabrání vniknutí tohoto znečištění

do zdrojů vody nebo se množství znečištění výrazně sníží díky opatřením realizovaným v povodí (zemědělství, lesní hospodářství, průmysl, vypouštění odpadních vod).

2. Procesy úpravy s nejmenším dopadem z hlediska uhlíkové stopy - tato strategie zahrnuje implementaci nových a vylepšených technologií úpravy vody s nejmenší uhlíkovou stopou při akceptování faktu, že zvýšení emisí je nevyhnutelné, například z hlediska požadavku na energii.

3. Větší provozní účinnost – tato strategie snižuje požadavky na energii – od lepší ochrany zdrojů po optimalizaci celého procesu úpravy vody

4. Vývoj a vylepšení stávajících procesů úpravy vody – tato strategie je zaměřena na zvýšení účinnosti, optimalizaci z hlediska procesů i dávkovaných činidel a snížení energetické náročnosti procesů

5. Výroba energie z obnovitelných zdrojů – tato strategie zahrnuje výrobu energie na úpravě vody (MVE) (4)

Tyto strategie a technologie přinášejí řešení, jak omezit materiální vstupy, snížit spotřebu energií, snížit vylučování emisí, využít cenné vedlejší produkty a snížit problémy s odstraňováním odpadu na minimum. Podporují ekologickou hospodárnost („využít lépe menší množství“), zavádění systémů environmentálního řízení a čistší výrobní postupy.

2.2 Trendy a moderní technologie používané při úpravě vody v posledních letech

1) odbourávání chlorace v hlavním oxidačním stupni a používání chlorace na konci technologického procesu z důvodu hygienického zabezpečení vody v rozvodné síti

2) rozšíření použití ozonu na různých stupních technologického procesu a vývoj nových ozonizátorů – zmenšování zařízení, snížení nákladů

3) Primární dezinfekce UV zářením

4) Používání nových technologií, jako je např. flotace rozpuštěným vzduchem, membránové procesy – mikrofiltrace, ultrafiltrace, nanofiltrace a reverzní osmóza, rozvoj filtrace s využitím aktivního uhlí, využívání vícevrstvých filtrů, nové drenážní systémy rychlofiltrů bez mezidna, biologické odbourávání železa a manganu, nové filtrační materiály

5) Optimalizace provozu a dávkování chemických činidel - optimalizace dávkování koagulantu, dezinfekčních a oxidačních činidel a vápenného hospodářství, intenzifikace procesu čiření

6) Rekonstrukce kalového hospodářství, další využití vodárenských kalů

2.3 Nové technologie v úpravě pitné vody

Membránové způsoby

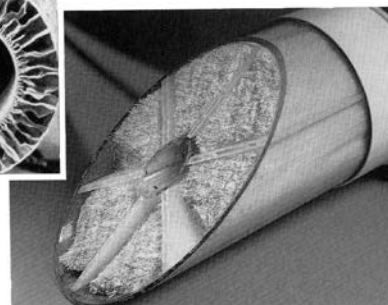
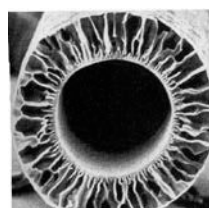
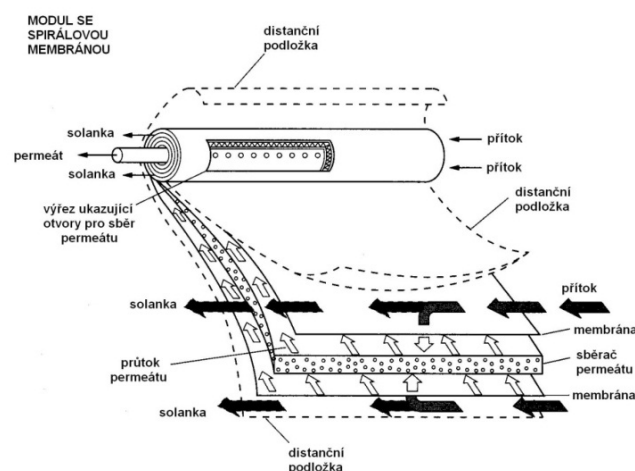
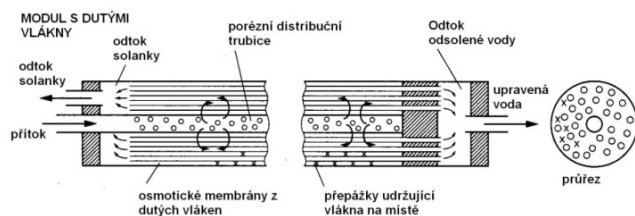
- jsou založeny na schopnosti semipermeabilních membrán zachycovat částice určité velikosti, příp. určitého náboje

Mikrofiltrace MF - velikost otvorů membrány cca 50-1000 nm, tlak do 0,5 MPa. zachytí rozpuštěné látky, koloidy i mikroorganismy.

Ultrafiltrace UF - velikost otvorů membrány 3-50 nm, tlak cca 0,5 MPa. Zachytí makromolekuly a organické sloučeniny - organické látky s molekulovou hmot.větší 105 Dalton (pokles CHSK o 30 – 50%), veškeré řasy a prvoky, veškeré bakterie – nahrazuje primární desinfekci, některé viry, huminové kyseliny a koloidy (v závislosti na chemismu vody)

Nanofiltrace NF - velikost otvorů membrány 1-3 nm, za tlaku cca 1 MPa. Odstraní vícemocné ionty (Ca^{2+} , SO_4^{2-} atd.) - snižování obsahu síranů, chloridů, fluoridů a částečné změkčování vody

Reverzní osmóza RO - velikost otvorů membrány pod 1 nm, za tlaku až 5 MPa. Technologie je schopna zachytit i jednomocné ionty (Na^+ , Cl^- atd.), takže jí lze využít například pro odsolování mořské vody. Principem RO je transport molekul rozpouštědla (voda) přes semipermeabilní membránu proti osmotické rovnováze. (2)



Obr.2 Membránová filtrace – modul s dutými vlákny a modul se spirálovou membránou (1 - upraveno)

Obr.3 Detail modulu s dutými vlákny (1 - upraveno)

Mezi výhody membránových procesů patří špičková kvalita upravené vody, vynikající odstranění mikrobiálních kontaminantů (bakterií, virů a prvoků), snížení spotřeby chemikálií a snížení produkce kalu. Je to kompaktní modulární systém s nižšími nároky na zastavěnou plochu, který je snadno rozšiřitelný. Nevýhodou jsou vysoké investiční a provozní náklady i energetická náročnost, charakter provozu se liší od klasických úpraven. Při použití reverzní osmózy je voda zbavena nejen látek škodlivých, ale i těch zdraví prospěšných a není vhodná k pití, je nutno tuto vodu vhodně ředit vodou neupravenou reverzní osmózou. (2)

AOP – pokročilé oxidační procesy

Důvodem pro použití AOP je rozšiřující se spektrum sledovaných ukazatelů v pitné vodě a stále častější případy znečištění vody mikropolutanty. Pokročilé oxidační procesy pracují na principu neselektivní oxidace zprostředkované OH radikály. Pro jejich výrobu lze použít několik způsobů, jako např. Fentonovu reakci, O_3 + UV záření, H_2O_2 + UV záření, $\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$ (Peroxon). Účinnost a praktická možnost použití jednotlivých způsobů AOP je ovlivňována mnoha faktory, např.: mechanismus a kinetika rozpadu sledované sloučeniny, kvalita vody a geometrie UV reaktoru. (6)

Flotace rozpuštěným vzduchem (DAF)

Je využíván fyzikální děj, při kterém dochází k vynášení pevných, v kapalině suspendovaných částic mikrobublínkami plynu k hladině.



Flotace může být použita bez dávkování koagulačních činidel nebo s předchozí koagulací, a to jako první separační stupeň místo čířičů nebo spolu s nimi. Toto řešení bylo využito například v rámci havarijních opatření na úpravně vody Mostiště.

Jedná se o technologii s vyšší účinností pro odstranění mikroorganismů, organických látek s nízkou specifickou hmotností a dalších separovatelných částic znečištění z vody. Vysoká separační účinnost procesu DAF je vhodná pro úpravu povrchových silně eutrofizovaných vod a pro vody zabarvené, zakalené, s vysokým obsahem železa a manganu a vody s nízkou teplotou.

Obr.4 Flotace použitá na ÚV Mostiště v rámci havarijních opatření (foto Slavičková)

Filtrace – nové typy drenážních systémů, filtrů a nový filtrační materiál Filtralite

Nové drenážní systémy bez mezidna umožňující praní vzduchem a vodou lze právem zařadit mezi nové a environmentálně šetrné postupy, především díky lepšímu využití filtrační náplně a zvýšení účinnosti i jakosti přefiltrované vody. Osvědčil se systém Leopold, za určitých podmínek lze použít i systém Novák.

Filtry s vícevrstvou náplní umožňují spojení procesů filtrace a adsorpce na aktivním uhlí. Tento proces je vhodný pro odstranění organických látek, pachů, příchutí, vytvořených vedlejších produktů dezinfekce, zbytkové koncentrace ozonu, pesticidů, huminových látek a uhlovodíků.

Nový filtrační materiál Filtralite se vyrábí patentovaným postupem z jílu vypálením a spékáním při 1 200°C, hustotu materiálu suchém stavu lze volit v rozmezí 500 ~ 1 600 kg/m³, velikost zrn lze volit v rozmezí 0,8 ~ 20 mm. Využít jej lze v klasických v jednovrstvých a dvouvrstvých filtrech, biologických filtrech i při odstraňování železa a manganu. Výhodou tohoto materiálu je vysoká kalová kapacita (až 4x vyšší produkce filtrátu než u pískové náplně) a úspora prací vody. (5)

3 ENVIRONMENTÁLNÍ TECHNOLOGIE VE VODÁRENSTVÍ

Na prvky vodovodu jsou kladeny nároky, které musí splňovat základní podmínky. Mezi tyto řadíme: funkční spolehlivost, ekologické hledisko a ekonomické hledisko. Jedná se tedy o soulad technického, ekologického a ekonomického řešení. Náš projekt se přednostně věnuje hlediskům ekologickým, avšak nelze pominout zbylá dvě. Správná funkce jednotlivých součástí systému dopadá na ekologii a ekonomické hledisko často rozhoduje o realizaci díla vůbec.

Zároveň je zde nutnost zahrnutí veškerého technického poznání a rozvoje spolu se změnami společnosti. Na technický rozvoj má významný vliv možnost přejímání zahraničních zkušeností, vlastní výzkum, kontakt s provozem a sledování nových materiálů a technologií. Sociální rozvoj zase určuje stupeň jisté kultury obyvatelstva – tj. odběratelů – spotřebitelů vody. Tento rozvoj postupuje s ekologickým chováním společnosti, s jejím vzděláváním, ochotou měnit zažité praktiky. Zde se velmi uplatňuje také ekonomické hledisko.

3.1 Potrubí

Základním článkem systému distribuce pitné vody je potrubí. Ovlivňuje životní prostředí jak při svém vzniku a dopravě, tak při pokládání, neboť výstavba trubního systému ovlivňuje poměrně velké území, často zahrnující kromě zastavěných oblastí i přírodně cenné lokality. Nezanedbatelný vliv mají také poruchy a opravy i konečná likvidace.

Při návrhu potrubí je důležité technické hledisko – hydraulické poměry (průtok, tlak), životnost, podmínky ukládání (s ložem, bez lože, nároky na další stavební hmoty) a to i se zahrnutím ekonomických aspektů návrhu a provozování.

Hledisko ekologické zahrnuje podmínky výstavby (technologie s výkopem, bezvýkopové technologie), dobu výstavby (rozhoduje teplota), dobu trvání stavby (délka zátěže pro okolí, hluk, prach, doprava), materiál potrubí, kde je důležitá jak výroba, tak také doprava a montáž.

Provozní hledisko zahrnuje realizace, opravy, údržbu, poruchovost vedení, dále vliv oprav na území a u havárií četnost, rozsah, ztráty, škody na majetku i výpadky zásobování.



Obr. 5. Ocelové potrubí – přivaděče velkých průměrů představují kromě vlivu na životní prostředí i riziko pro provádění a opravy. (7)

Mezi aktuálně používané materiály pro výstavbu příváděcích řadů i zásobovacích řadů patří ocel, tvárná litina, LPE a sklolaminát. V praxi se setkáváme s dalšími materiály, které pouze opravujeme. Řada z nich přináší větší ekologické problémy, a to vzhledem k problematické likvidaci, např. azbestocementových výrobků. Potrubí původně s výhodou bezkorozivního vedení je vlastně ekologickou zátěží SZV (systému zásobování vodou) a při výměně je třeba uvažovat náklady na jeho likvidaci a postup likvidace.

3.2 Vodojem

Vodojem slouží k vyrovnání rozdílů mezi přítokem a odběrem, k akumulaci stálé zásoby požární vody a k akumulaci vody pro poruchu na přívaděči, v čerpací stanici, v úpravně vody, nebo ve zdroji (na všech vodárenských objektech a řadech před vodojemem). Poloha a velikost vodojemu ovlivňuje cenu dodané vody, má tedy vliv na poměry ekonomické, řeší zásadní otázky hygienické.

Kvalita vody je velmi významně ovlivněna vzdušným spadem, proto je nezbytné vhodné řešení větrání VDJ. Vhodné filtrační zařízení, odpovídající požadavkům EN 1508, lze právem zařadit mezi nové technologie. Skládá se ze šesti filtračních segmentů (bariér). Vnější část filtračního zařízení musí být osazena ochrannou mřížkou se sítí, která zachycuje větší částice a hmyz. Dále by měla následovat vlastní filtrační vložka, skládající se ze čtyř filtračních vrstev - geotextilie typu 63/15 (zachycuje jemný zvířený a vláknitý prach, částice, plošná hmotnost je 150 g/m^2 , tloušťka 2,5 mm a filtrační průliny O90 144 μm); protipylová zábrana; geotextilie sycená aktivním uhlím (eliminuje plísně a pachy) a geotextilie typu 63/15. Tato filtrační vložka musí být sestrojena tak, aby byla samostatně vyměnitelná. Vnitřní část filtračního zařízení by měla být rovněž zajištěna ochrannou mřížkou se sítí.

3.3 Tlaková pásma

V současné době se uměle navyšuje počet tlakových pásem ve spotřebišti s cílem zajistit a prodloužit životnost potrubí, včetně trvanlivosti a těsnosti spojů. Snížené tlakové zatížení má podstatný ekonomický i ekologický efekt. Objekty, které se budují navíc, představují náklad, který je nižší, než náklady na provozování oblasti větší s většími rozdíly tlaku. Při dělení na větší počet tlakových pásem dochází rovněž k podrobnější znalosti pásma, je možné rychleji reagovat na problémy v pásmu a provádět nápravná opatření. Dělení pásem se používá jako první krok při snižování ztrát.

3.4 Ztráty vody

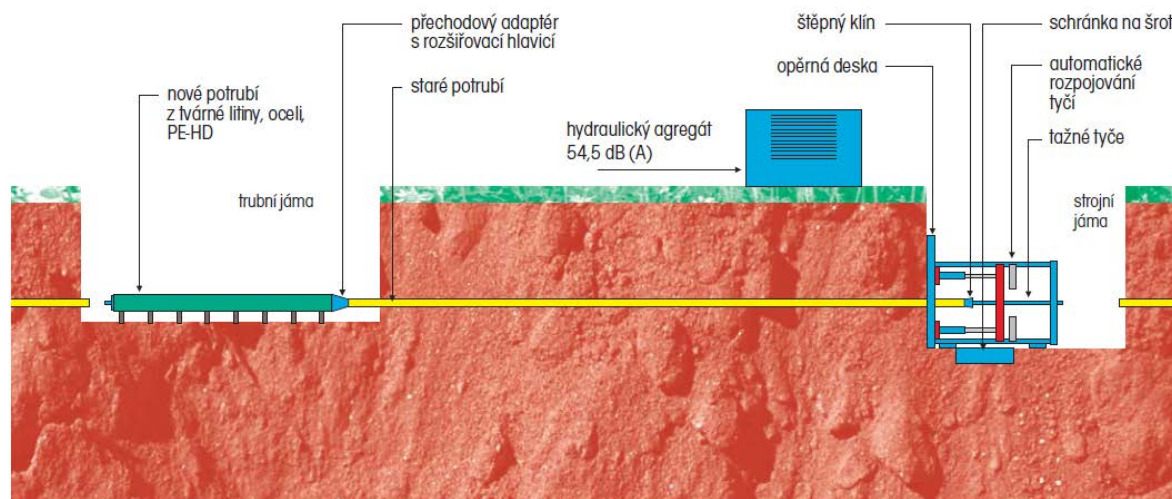
Významným motivem pro obnovu sítě jsou velké ztráty vody. Jsou problémem především ekonomickým, ekologickým, ale také technickým a hygienickým. Vykazování se děje pomocí poměru nedodané vody vzhledem k vodě dodané a hodnotí se buď % ztrát, nebo účinností vodovodní sítě.

Dalším hodnotícím ukazatelem je tzv. jednotková ztráta, nazývaná jednotkový únik. Je to poměr množství nedodané vody vzhledem k délce potrubí. Délka potrubí je úměrná množství úniků, ke kterým dochází netěsnostmi, především spojů, ale i otvory z koroze, apod. Významným (často podpurným) ukazatelem je počet havárií na potrubí za časovou jednotku. Je třeba tyto údaje kompletovat a vyhodnocovat, aby byly k dispozici pro plánování obnovy. Vodovod, kde probíhají ustavičně opravy, může být tak operativně nahrazen novým řadem.

3.5 Bezvýkopové technologie

Umožňují environmentálně šetrným způsobem provést rekonstrukci trubních sítí, využít lze různé bezvýkopové metody. Technologie Slipline je klasické zatažení nového menšího profilu potrubí do starého stávajícího potrubí. Technologie Berstlining spočívá v roztržení nebo rozříznutí stávajícího potrubí statickým působením trhací / řezací hlavy při současném zatahování nového sanačního potrubí do stávající trasy. Při této technologii se používají speciální hlavy pro následné rozšíření, které vytlačí úlomky starého potrubí do okolního horninového prostředí dle požadované dimenze. (9)

Metoda hydros®PLUS je využitelná pro potrubí o jmenovité světlosti 80 - 300 mm z jakéhokoliv dříve používaného materiálu (litina, ocel, azbestocement), jakýmkoliv způsobem spojovaným (hrdlové, přírubové, svařované spoje apod.) v neomezené délce po úsecích dlouhých až 200 m. Rekonstruovat lze přímé úseky bez náhlých vertikálních a horizontálních směrových změn, minimální světlost potrubí je dána potřebou zavedení tažných tyčí vč. spojek, jejichž průměr činí 70 mm. Neohrožuje okolí stavby vibracemi ani statiku budov, zejména historických objektů, nezanechává v zemi staré potrubí ani jeho části a neobtěžuje okolí hlukem (imisní hodnoty ve vzdálenosti 7 m od zařízení nepřekračují 54,5 dB).



Obr.6 Bezvýkopová technologie hydros®PLUS - schéma (8)

Tyto technologie šetří životní prostředí tím, že nepoškozují přírodu, nenarušují kořenové systémy stromů a nenarušují plynulost dopravy. Rozsah zemních prací je o 80 % menší nežli při využití klasické technologie otevřeným výkopem. (8)

3.6 Malé vodní elektrárny

Ekologický přínos i regulaci tlaku umožňuje hydroenergetické využití zbytkového tlaku na přivaděcích – turbína, čerpadlo v reverzním chodu. Zařízení pro využití tzv. zbytkového spádu je nainstalováno jako MVE (malá vodní elektrárna) u úpravny vody, v armaturní komoře vodojemu, na kaskádovitých stupních u přivaděčů s velkým spádem – řešení u přerušovacích komor. Jedná se např. o horské aglomerace, nebo o tradičně užívané přivaděče, s relativně menším tlakovým spádem, ale s výraznou změnou průtoku. Snížením průtoku je ovlivněna (snížena) celková ztráta třením, která může znamenat oproti původnímu projektovanému stavu pokles řádově o desítky m v.sl. V poslední době jsou takto dotčeny

řady s výrazným poklesem spotřeby vody. V první fázi došlo k omezení nasazení tzv. urychlovacích čerpacích stanic a v další fázi, popř. může být zbytkový spád využít.

4 SHRNU TÍ A ZÁV Ě R Y

V článku byla představena problematika nových environmentálních technologií a přístupů v oblasti úpravy pitné vody a vodárenství, řešená v rámci projektu OPPA Č. CZ.2.17/1.1.00/34096. Vodárenství a úprava pitné vody je oborem, který se neustále vyvíjí v souvislosti s novými poznatky i snahou zvýšit účinnost i snížit náklady jednotlivých procesů tak, aby byly využitelné v praxi.

Použití environmentálně šetrných technologií v úpravě pitné vody zahrnuje nejen použití nových postupů a technologií, z nichž některé byly uvedeny v tomto příspěvku, ale také změnu přístupu, komplexní pohled na celý systém, nalezení a řešení problematických míst stávajícího systému, například účinnější ochrana zdrojů vody nebo optimalizace dávkování činidel nebo jejich změna na jiná činidla.

Použití environmentálně šetrných technologií ve vodárenství spočívá především v kvalitním návrhu sítí i objektů s využitím moderních materiálů a technologií a v jejich optimálním provozování, údržbě a obnově. Tento přístup vede ve svém důsledku k úspoře prostředků i ke snížení negativních vlivů na životní prostředí. Rekonstrukce distribučních sítí s využitím bezvýkopových technologií, malé vodní elektrárny nebo využití násosky pro dopravu vody ze zdroje bez nutnosti čerpání jsou perspektivními environmentálně šetrnými technologiemi. Velký význam má snižování ztrát i provozování sítě při optimálních tlacích díky navyšování počtu tlakových pásem ve spotřebišti. Také využití modelů hydraulických poměrů i jakosti vody v distribučních sítích je prostředkem pro optimalizaci systému a dosažení vyšší jakosti vody.

Poděkování

Příspěvek byl zpracován v rámci projektu č. OPPA Č. CZ.2.17/1.1.00/34096 financovaného z Operačního programu – Praha Adaptabilita.



Evropský sociální fond.
Praha & EU: Investujeme do vaší budoucnosti.

Použitá literatura

(podle normy ČSN ISO 690)

1. TWORT, A. C., RATNAYAKA, D. D., BRANDT, M. J.: *Water Supply*. Fifth Edition. Arnold and IWA Publishing, 2000., 676 p. ISBN 0 340 72018 2
2. SLAVÍČKOVÁ, K., SLAVÍČEK, M.: *Vodní hospodářství obcí 1 – úprava a čištění vody*, Nakladatelství ČVUT, 2006, 194 s.

3. [http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/CENAXG5DP3VS/\\$FILE/20007%20CENIA%20TECH%20vnitrek.pdf](http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/CENAXG5DP3VS/$FILE/20007%20CENIA%20TECH%20vnitrek.pdf) (online 250712)
4. http://www.venturiaeration.com/SiteResource/Site_107130/Customize/Image/TheCarbonFootprintofWastewaterTreatment.pdf (online 250712)
5. <http://www.envi-pur.cz/?page=filtralite> (online 041012)
6. Zdroj: <http://www.wet-team.cz/files/konference/2008/PV%20Tabor/20-Benes.pdf> (online 250712)
7. <http://www.novinky.cz/krimi/150460-obrazem-delnik-se-utopil-na-stavbe-dalnice-druhy-prezil-cestu-potrubim.html> (online 120912)
8. http://www.vakstavby.cz/files/download/common/96-19-hydros_plus.pdf (online 111012)
9. <http://www.zepris.cz/sektory-cinnosti/sanace-potrubu-a-bezvykopove-technologie/sanace-vodovodnich-radu/> (online 121012)

Kontaktní údaje

Ing. Kateřina Slavičková, Ph.D.

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, katedra zdravotního a ekologického inženýrství

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

Tel: 224 353 878

email: katerina.slavickova@fsv.cvut.cz

Doc. Ing. Iva Čiháková, CSc.

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, katedra zdravotního a ekologického inženýrství

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

Tel: 224 355 083

email: cihakova@fsv.cvut.cz

INOVÁCIA VÝROBNÉHO PROCESU DREVOSTAVIEB PROSTREDNÍCTVOM CNC VÝROBY

INNOVATION OF THE MANUFACTURING PROCESS OF WOODEN CONSTRUCTIONS THROUGH CNC PRODUCTION

Marek Krajňák, Ľubomír Vojtáš

Abstrakt

Príspevok sa zaoberá možnosťami inovácie procesu výroby drevostavieb od návrhu až po samotnú výrobu, vrátane vytvorenia predpokladov pre bezproblémovú montáž na stavenisku. Základným krokom je zavedenie CNC (Computer Numerical Control) výroby, ktorá vytvára priestor na efektívnejšie hospodárenie so zdrojmi, ktoré vstupujú do výroby, a zároveň prináša možnosť na kvalitatívne vyššiu formu riadenia procesu výroby drevostavieb. V príspevku sú uvedené navrhované opatrenia, a súčasne aj ich predpokladaný vplyv na výrobu drevostavieb. Tieto opatrenia majú zásadný vplyv na návratnosť celej investície zavádzania CNC výroby.

Kľúčové slová: CNC výroba, drevostavby, CAD/CAM softvér, drevoobrábacie stroje, CNC komunikácia, predikcia a simulácia procesov

Abstract

The paper deals with the possibilities of the innovation of manufacturing process of wooden construction from design to production, including the creation of conditions for smooth installation on site. The basic step is the introduction of CNC (Computer Numerical Control) production, which creates a space for more effective management of resources that enter into the production, as well as the opportunity for qualitatively higher level of process control production of wooden houses. Finally, the contribution proposes measures, and simultaneously their expected impact on the production of wooden constructions. These measures have a significant impact on the return on the entire investment of CNC implementation.

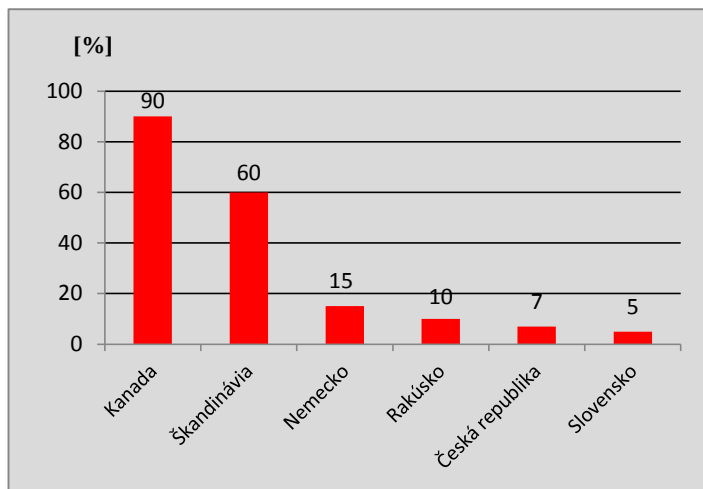
Key words: CNC production, wooden constructions, CAD/CAM software, woodworking machines, CNC communication, prediction and simulation of processes

1 ÚVOD

V súčasnej dobe sa u nás drevostavby realizujú z väčšej miery tradičným spôsobom priamo na stavenisku, z reziva rôznych prierezov. Tesári na základe projektovej dokumentácie dané rezivo nadelia na potrebné dĺžky, vyrobia na jednotlivých dielcoch tesárske spoje a takto upravené dielce skladajú do konštrukcie. Tesár musí priamo na stavbe reagovať na možné odlišnosti skutočnej situácie na stavenisku oproti projektovej dokumentácii s tým, že drevenú konštrukciu prispôbi skutočnému stavu. Tento spôsob je náročný z časového hľadiska. Rýchlosť realizácie je priamo závislá od poveternostných podmienok. V prípade zlých podmienok napr. z dôvodu dažďa dochádza k prerušovaniu prác. Taktiež výroba tesárskych spojov na mieste je náročná na čas, odbornosť a zručnosť tesárov.

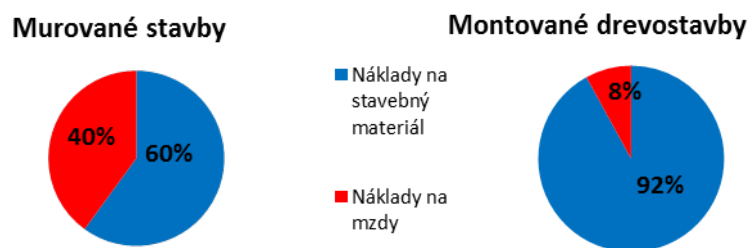
Za niekoľko generácií sa u nás vytvoril negatívny pohľad na drevostavby, takže aj dnes je drevený dom u väčšiny obyvateľov Slovenska spájaný s niečím, čo nie je dostatočne trvanlivé a ide len o nejakú lacnú neplnohodnotnú alternatívu bývania (Vaverka et al., 2008). Napriek tomu, počet novopostavených drevedomov na Slovensku pomaly vzrastá. Medziročne sa

zvyšuje podiel montovaných drevostavieb z celkového počtu postavených rodinných domov približne o 0,8 %.



Obr. 1 Percentuálny podiel montovaných drevodomov z celkového počtu rodinných domov postavených v roku 2009 (Zdroj: [http://www.plzen.czso.cz/csu/2011edicniplan.nsf/t/11002E8DA1/\\$File/820911p13.pdf](http://www.plzen.czso.cz/csu/2011edicniplan.nsf/t/11002E8DA1/$File/820911p13.pdf), http://fast10.vsb.cz/temtis/documents/handbook_1_CZ_final.pdf, <http://zpravy.e15.cz/byznys/reality-a-stavebnictvi/poptavka-po-drevostavbach-v-cesku-roste-687777>)

Pričinil sa o to aj väčší záujem o energeticky úsporné domy. Z dôvodu zníženia prevádzkových nákladov na vykurovanie a ohrev teplej vody, čo je momentálne aktuálna téma. Domy so sendvičovými stenami s rámovou konštrukciou sú jedným zo základných typov konštrukcií týchto energeticky úsporných domov. Všeobecne sa diskutuje o väčšom použití materiálov v stavebníctve z obnoviteľných zdrojov, ktoré majú nižšie energetické nároky na ich spracovanie prípadne aj likvidáciu. Záujem o tento spôsob výstavby prejavuje hlavne mladšia generácia (Kobl, 2008).

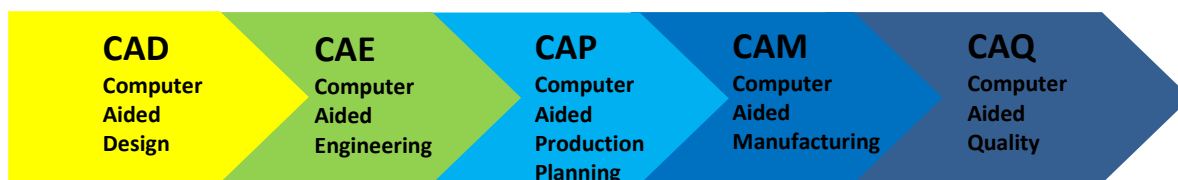


Obr. 2 Porovnanie podielov nákladov na mzdy a stavebný materiál pri murovaných stavbách a montovaných drevostavbách (pri výstavbe hrubej stavby objektu) (Zdroj: spracované podľa: <http://www.nedatelier.sk/porovnanie-druhov-stavieb>)

Pri výrobe montovaných drevostavieb prostredníctvom drevoobrábacích CNC strojov, je podstatná časť stavebnej produkcie prenesená do výrobní, pričom objem prác vykonávaných priamo na stavenisku je minimálny (hlavne pri výstavbe hrubej stavby). Týmto spôsobom je možné čiastočne eliminovať nežiaduce vplyvy, ako napr. nepriaznivé klimatické podmienky a pod. Stavebná výroba, ktorá prebieha vo výrobniciach, je efektívna a vytvára predpoklady pre rýchlu a bezproblémovú montáž na stavenisku. Týmto spôsobom je možné znížiť podiel nákladov na mzdy až na úroveň 8% (viď obr. 2). Pri murovaných stavbách je podiel nákladov na mzdy cca 40%. Preto sú murované stavby charakterizované vysokou prácnosťou, čo sa v konečnom dôsledku prejaví aj dĺžkou výstavby.

2 INTEGROVANÝ PRÍSTUP PRE RIADENIE PROJEKTOV DREVOSTAVIEB

So zvyšujúcim záujmom zákazníkov o drevodomy vyplynula otázka ako proces výroby drevostavieb inovovať a optimalizovať s cieľom skrátiť dobu výstavby, zvýšiť ich kvalitu a znížiť výrobné náklady. Odpoveďou je kvalitatívne vyššia úroveň riadenia, od konštrukčného návrhu až po montáž na stavenisku. Na obr. 3 sú popísané jednotlivé časti výrobného procesu drevostavieb, každá z nich zároveň vytvára priestor pre optimalizáciu.



Obr. 3 Integrovaný prístup pre riadenie projektov drevostavieb (Zdroj: autor)

Výroba začína prvým štádiom CAD - Computer-aided design (prekladané ako „návrh pomocou počítača“, „počítačom podporovaný návrh“, „automatizované projektovanie“ a pod.). Účelom tohto štádia je vytvorenie návrhu, ktorý spĺňa požiadavky zo strany investora a zároveň by mal zohľadňovať výrobné možnosti daného stavebného podniku. Následne je potrebné daný konštrukčný návrh podrobiť analýze tak, aby spĺňal pevnostné, tepelnotechnické, protipožiarne a bezpečnostné požiadavky. Toto štádium dimenzovania konštrukčných prvkov je označované ako CAE - Computer-Aided Engineering. Ide o komplexnú podporu inžinierskych prác vo vývojovo-návrhových etapách a súbor výpočtových, modelovacích a simulačných prostriedkov. Takto verifikovaný konštrukčný návrh je následne rozdelený na konštrukčné prvky. Samotnej výrobe by malo predchádzať plánovanie produkcie so zreteľom na rýchlosť, kvalitu výroby a efektívnosť hospodárenia so základným výrobným materiálom - drevom. Týmto činnosťami sa zaoberá CAP (Computer-aided production planning), ide o počítačom podporované plánovanie, prípravu dát pre čiastkové činnosti a návody na montáž. CAP je z tohto pohľadu veľmi dôležitý optimalizačný nástroj, ktorý má štyri základné funkcie: zhotovenie pracovných plánov, výber výrobných prostriedkov, zhotovenie návodov na montáž, NC (Numerical Control) programovanie. Týmto krokom je vytvorený predpoklad pre samotnú výrobu na CNC strojoch. Priebeh výroby je kontrolovaný a zároveň riadený pomocou CAM (Computer Aided Manufacturing). Osobitnou časťou je označovanie a zatriedňovanie prvkov pred exportovaním, čo vytvára predpoklad pre úspešnú a bezproblémovú montáž na stavenisku. Zavŕšením tohto výrobného cyklu je CAQ (Computer Aided Quality), teda počítačom riadená strojová skúška kvality hotového výrobku, pričom sa porovnávajú želané parametre so skutočnými parametrami hotového konštrukčného prvku.

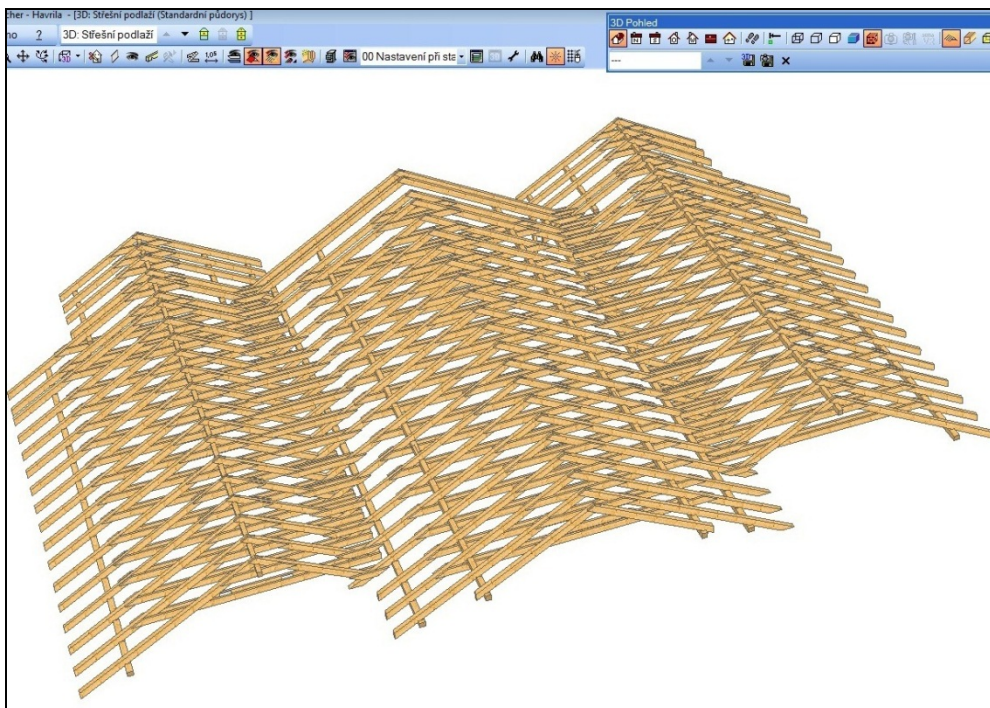
Reálne softvérové nástroje môžu pokrývať rôzne vyššie opísané oblasti. Môže ísť o jeden softvér, ktorý zabezpečuje všetky štádia od počiatočného návrhu až po výrobu, vrátane kontroly, alebo môžu byť použité špecializované softvérové nástroje pre každé štádium zvlášť, pričom sa kladie dôraz na kompatibilitu – možnosť prenosu dát medzi nimi.

2.1 Špecializovaný softvér na projektovanie drevostavieb

Postupným vývojom a zdokonaľovaním máme dnes na trhu programy, ktoré dokonale spájajú znalosti z drevostavieb s počítačovou technikou. V Európe sú to hlavne programy SEMA, DIETRICH'S, WETO – VisCon, WETO - DesignerVISTA (Nemecko), CADWORK (Švajčiarsko) a FINE (Česká Republika). Výhodou týchto programov je, že sa skladajú z jednotlivých modulov (krov, rámová konštrukcia, zrubová konštrukcia, schody a pod.),

pričom pri obstarávaní si zákazník môže zostavovať program len z modulov, ktoré potrebuje s tým, že v prípade potreby môže neskôr ďalšie moduly dopĺňať.

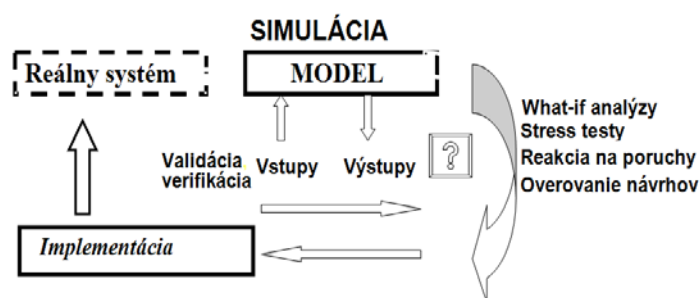
Veľkým prínosom týchto programov je vysokokvalitná 3D vizualizácia, ktorá pomáha pri odstraňovaní chýb pri projektovaní a navrhovaní detailov drevenej konštrukcie. Programy obsahujú bohaté knižnice na tesárske spoje, ktoré sa dajú jednoducho aplikovať pri tvorbe konštrukcie. Nesmieme zabudnúť na možnosť 2D a 3D výstupov osových a uzlových modulov, ktoré sú kompatibilné so statickými programami. To nám umožňuje staticky posudzovať jednotlivé prvky konštrukcií i celé konštrukcie v čo najreálnejších podmienkach.



Obr. 4 Tvorba strešnej konštrukcie v softvéri SEMA (Zdroj: Autor)

2.2 Prediktívna a simulačná technológia optimalizácie výroby

Simulácia (štatistické modelovanie) je matematická metóda, ktorej podstata spočíva v napodobení výrobných, ekonomických a iných procesov na číslicovom počítači reprodukciou elementárnych javov a procesov v súvislostiach odrážajúcich reálne väzby a vzájomné závislosti. Je to umelé napodobenie procesu tak, že náhodné veličiny nadobudnú pri každej realizácii procesu hodnoty získané náhodne, avšak s rozdelením pravdepodobnosti a so strednou hodnotou, ktoré zodpovedajú skutočnému procesu. Na základe dostatočného počtu vykonaných realizácií umožňuje simulácia oceniť pravdepodobnosť skúmaného javu alebo procesu (Ďuďák, 2011).



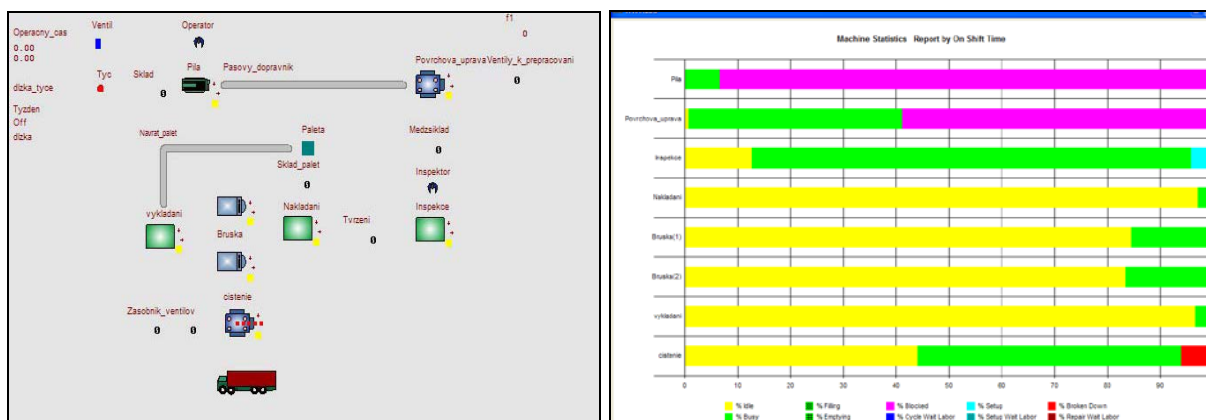
Obr. 5 Dynamické znázornenie reálneho systému počítačovým modelom (Zdroj: Ferenčíková et al., 2006, <http://www.sjf.tuke.sk/transferinovacii/pages/archiv/transfer/9-2006/pdf/68-72.pdf>)

Riešenie sa pri použití simulácie vykonáva do istej miery experimentálne. Na základe dostatočného počtu náhodne vykonaných variantov sa určuje, čo je možné očakávať v skutočných podmienkach. Jednotlivé varianty odrážajú možné prípady zmien náhodných prvkov, ktoré majú vplyv na analyzovaný jav alebo proces (Ďuďák, 2011).

Výhody prediktívnych a simulačných metód optimalizácie výroby (Przybylski, 2008):

- vytvorenie simulačného modelu vedie k lepšiemu pochopeniu reálneho výrobného procesu, je často podnetom na zlepšovacie návrhy a pod.,
- čas simulácie môže byť zrýchlený resp. spomalený, čo umožňuje podrobnú analýzu procesu,
- simulačný model poskytuje komplexný pohľad na daný problém,
- simulácia nenarušuje chod reálneho systému,
- simulačný model môže byť použitý ako tréning pre získavanie skúseností, školenia pracovníkov (napr. zvládanie krízových situácií, prevencia pred pracovnými úrazmi),
- simulačný model umožňuje implementáciu rôznych scenárov: „what-if, stress testy a pod.

Uvedené výhody predurčujú použitie simulačných nástrojov v rámci CNC výroby. V súčasnosti sa úspešne používa, na simuláciu výrobných, obslužných a logistických procesov, softvér WITNESS. Používa sa na interaktívnu tvorbu modelov, tvorbu modulárnej štruktúry, interaktívne experimentovanie, spoluprácu s CAD, CAM aplikáciami a informačnými systémami, vytváranie jednotného optimalizačného modulu, 3D vizualizáciu – modul virtuálnej reality. WITNESS umožňuje podrobnú analýzu výrobných procesov a vytvára priestor na optimalizáciu vzhľadom na efektívne využívanie výrobných zdrojov (Ferenčíková et al., 2006).



Obr. 6 Vľavo: Rozloženie výrobného procesu vo WITnesse, vpravo: zobrazenie efektívnosti využitia zariadení a strojov (Zdroj: Ferenčíková et al., 2006, <http://www.sjf.tuke.sk/transferinovacii/pages/archiv/transfer/9-2006/pdf/68-72.pdf>)

2.3 Drevoobrábacie CNC stroje

CNC je skratkou anglického „Computer Numerical Control“, ktorá sa používa aj u nás. V spojení s obrábacím strojom je možné používať ekvivalent „počítačom riadený obrábací stroj“, teda obrábacie stroje využívajúce CNC riadiaci systém k tomu, aby dokázali obrábať výrobok podľa vopred pripravených technologických NC programov.

NC programy obsahujú tzv. G a M kódy. G-kódy definujú súradnice jednotlivých pracovných pozícií, aby sa pracovný nástroj mohol plynule presúvať najkratšou možnou cestou.

Doplňkovou informáciou je rýchlosť posuvu a pod. M- kódy popisujú pomocné funkcie, ktoré sa týkajú konkrétnych pracovných operácií a ovládania CNC stroja. Ďalším krokom je stanovenie začiatku súradníc obrobku voči nulovému bodu stroja. Je to veľmi dôležité, pretože k tomuto bodu sa budú vzťahovať všetky pracovné operácie, pričom zadávanie súradníc môže byť v absolútnych alebo prírastkových jednotkách. Písanie NC programu je možné v akomkoľvek textovom editore, ktorý sa následne preniesie do CNC riadiaceho systému, prípadne je možné príkazy zadávať priamo pri stroji. CNC stroje je možné zapojiť aj do počítačovej siete a adresár CNC riadiaceho systému zdieľať v rámci počítačovej siete. Výhodou niektorých NC editorov je možnosť prezretia simulácie pracovných operácií, vrátane výmeny nástrojov, otáčania trávov a všetkých úkonov v reálnom alebo zrýchlenom čase, vďaka čomu máme reálnu predstavu o trvaní výroby daného konštrukčného prvku (Strojnet, 2010).



Obr. 7 Drevoobrábacia linka Hundegger (Zdroj: <http://www.blockhaus-sebalex.de/abb.htm>)

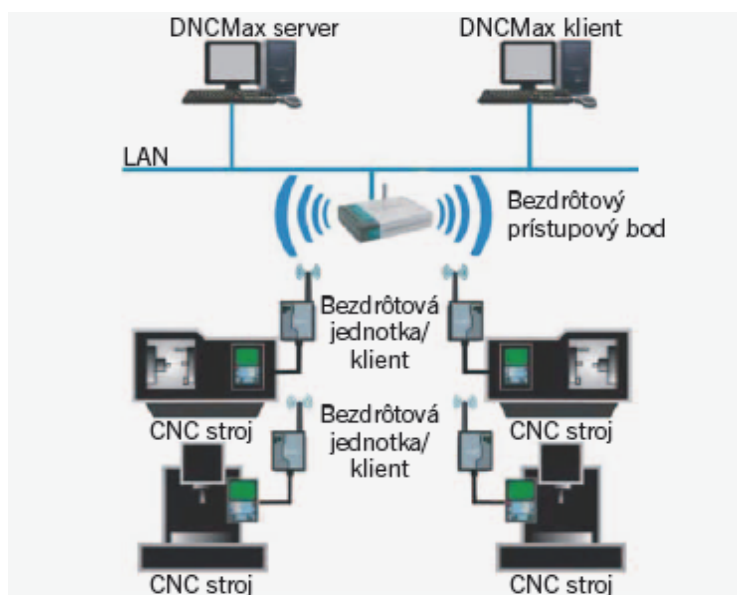
V prípade ak obsluha neovláda programovací jazyk, je možné využiť tzv. makrá, ktoré popisujú bežne používané pracovné úkony. Po konštrukčnej stránke sa jednotlivé CNC stroje výrazne nelíšia, ale z hľadiska technológie výroby rozlišujeme CNC stroje s posuvom pracovného nástroja, resp. s posuvom drevnej hmoty.



Obr. 8 Riadiaca jednotka drevoobrábacej linky Hundegger (Zdroj: <http://www.frommelt.ag/intelligenter-holzbau/frommelt-als-unternehmen/traditionell-bauen>)

2.4 Bezdrôtová komunikácia pre CNC stroje

Riadiace programy NC (numerical control) obrábania súčiastok sa najprv vkladali do NC riadiacich systémov na diernych páskach. Neskôr sa tieto programy ukladali do riadiaceho počítača (DNC – Direct/Distributed Numerical Control) a do NC riadiacich systémov obrábacích strojov sa prenášali tzv. obtokom čítačky (spôsob BTR – Behind The Reader). Rozvoj osobných počítačov medzi rokmi 1980 a 1990 znamenal koniec používania špeciálnych terminálov DNC a nastalo obdobie uplatňovania moderných DNC systémov na komunikáciu s CNC riadiacimi systémami obrábacích strojov. V súčasnosti sa presadzuje už aj bezdrôtová komunikácia DNC (Wireless DNC) (Havrila, 2011).



Obr. 9 Bezdrôtová DNC komunikácia (Zdroj: Havrila, 2011, <http://www.atpjournals.sk/buxus/docs/atp%20journal%205%202011%20str%2014-15.pdf>)

Na bezdrôtový prenos riadiacich programov na výrobu súčiastok do CNC riadiacich systémov obrábacích strojov sa v súčasnosti využívajú predovšetkým dva typy bezdrôtových technológií: Bluetooth a Wi-Fi. V prípade technológie Bluetooth sa používa zvyčajne pár Bluetooth zariadení. Jedno je pripojené ku COM portu PC alebo notebooku a druhé k portu na CNC stroji. Bezdrôtové pripojenie sa realizuje prostredníctvom príslušného softvérového ovládača. Takto môže prevádzkovateľ riadiť prenos údajov z CNC stroja a doň. Vo väčšine prípadov ide o prenos riadiaceho programu zo vzdialeného počítača na vybrané CNC stroje. Pri Wi-Fi technológii sa bezdrôtové spojenie vytvára medzi zariadením nazývaným bezdrôtový prístupový bod (obvykle na PC) a zariadením označovaným ako bezdrôtový uzol, ktoré je pripojené k CNC riadiacemu systému stroja (Havrila, 2011).

3 POSTUPOVÉ KROKY ZAVÁDZANIA CNC VÝROBY DREVOSTAVIEB

V texte vyššie boli uvedené viaceré návrhy a nástroje, ktoré na seba nadväzujú a dopĺňajú „prázdne miesta“ v rámci integrovaného prístupu pre riadenie projektov drevostavieb. Prídavným benefitom je synergický efekt, ktorý v tomto prípade ďaleko prevyšuje súčet potenciálov jednotlivých opatrení. Tieto opatrenia sú rozdelené do štyroch skupín: využívanie špecializovaného softvéru na projektovanie, využívanie prediktívnej a simulačnej technológie pri plánovaní výroby, využívanie drevoobrábacích CNC strojov a využívanie CNC komunikácie. Navrhované opatrenia a ich predpokladaný účinok je zobrazený v nasledujúcej tabuľke.

Navrhované opatrenie:	Predpokladaný výsledok:
Využívanie špecializovaného softvéru na projektovanie drevostavieb	✓ rýchlejšie vytvorenie projektovej dokumentácie vďaka automatickému generovaniu pôdorysov, rezov, pohľadov z 3D modelu
	✓ uľahčenie vytvárania detailov pomocou doplnkových knižníc
	✓ bezproblémová komunikácia s ostatnými účastníkmi výstavby (investor, statik....) vďaka kompatibilite prenosu dát
	✓ možnosť lepšej prezentácie projektu , s využitím vizualizácie
	✓ nájdenie konfliktov a chýb v projekte ešte pred jeho realizovaním
	✓ možnosť automatického vytvorenia výkazu výmer a cenovej ponuky
	✓ vytvorenie výstupu pre CNC stroj
Využívanie prediktívnej a simulačnej technológie pri plánovaní výroby	✓ efektívnejšie hospodárenie s materiálom
	✓ redukcia odpadu
	✓ redukcia skladových zásob
	✓ odhaľovanie rizikových miest výroby
	✓ znížené riziko vzniku pracovných úrazov
Využívanie drevoobrábacích CNC strojov	✓ rýchlejšia výroba
	✓ presnejšie a kvalitnejšie prevedenie spojov
	✓ nižšie náklady na výrobu
	✓ označenie jednotlivých konštrukčných prvkov strojnými číslami – rýchlejšia montáž na stavenisku
	✓ minimalizácia úprav na stavenisku
	✓ eliminácia vplyvov, ktoré sú spojené s výrobou na stavenisku
	✓ zníženie kazovosti pri výrobe
Využívanie CNC komunikácie	✓ minimalizácia nákladov na externé dodávky NC programov
	✓ sprehľadnenie príkazov odoslaných do CNC strojov
	✓ minimalizácia počtu obslužného personálu resp. ich kompetentností v oblasti programovacích znalostí

Tab. 1 Navrhované opatrenia a ich predpokladaný efekt pri zavádzaní CNC výroby (Zdroj: autor)

4 ZÁVER

Navrhované opatrenia vytvárajú priestor na zvyšovanie efektívnosti výrobného procesu drevostavieb, a oproti tradičnému spôsobu výroby drevostavieb prinášajú úsporu času, úsporu materiálu, vyššiu kvalitu prevedenia spojov a predpoklady pre bezproblémovú montáž na stavenisku. Všetky navrhované opatrenia, ktoré súvisia so zavádzaním CNC výroby, znamenajú pre stavebné firmy veľkú finančnú záťaž, no pri stále zvyšujúcom záujme o montované drevodomy zo strany zákazníkov, to možno chápať ako investíciu do budúcnosti.

Príspevok bol vytvorený v rámci realizácie projektu VEGA 1/0840/11 Multi-dimenzionálne prístupy podporujúce integrované navrhovanie a riadenie stavebných projektov.

Použitá literatúra:

1. ĎUĎÁK, J.: Ekonomicko-matematické metódy [online]. Nitra: Technická fakulta Slovenská poľnohospodárska univerzita. Dostupné na internete: http://www.tf.uniag.sk/e_sources/katsvs/rps/denne_studium/9_Prednaska_CB.pdf
2. FERENČÍKOVÁ, M. , BIGOŠ P.: Simulácia ako nástroj na riešenie problémov programom Witness [online]. In: Transfer inovácií. No. 9, 2006, str. 68-72. Dostupné na internete: <http://www.sjf.tuke.sk/transferinovacii/pages/archiv/transfer/9-2006/pdf/68-72.pdf>
3. HAVRILA, M.: Bezdrôtová komunikácia pre obrábacie a tvárniace stroje [online]. In: Atp journal – Nové trendy. No. 5, 2011, str. 14-15. Dostupné na internete: <http://www.atpjournals.sk/buxus/docs/atp%20journal%205%202011%20str%2014-15.pdf>
4. KOLB, J.: Dřevostavby. Praha: Grada Publishing a.s., 2008. 320 s. ISBN 978-80-247-2275-7.
5. KOLEKTÍV AUTOROV: Educational Materials for Designing and Testing of Timber Structures – TEMTIS [online]. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, 2008, 251 s. Dostupné na internete: http://fast10.vsb.cz/temtis/documents/handbook_1_CZ_final.pdf
6. Poptávka po dřevostavbách v Česku roste [online]. In: Zprávy E15.cz.2011. Dostupné na internete: <http://zpravy.e15.cz/byznys/reality-a-stavebnictvi/poptavka-po-drevostavbach-v-cesku-roste-687777>
7. PRZYBYLSKI, L.: Simulační metody jako nástroj rozhodování – modelování pomocí Programu witness : Diplomová práce [online]. Brno: Masarykova univerzita, Ekonomicko-správní fakulta , 2008. 90 s. Dostupné na internete: http://www.is.muni.cz/th/100100/esf_m/Diplomova_prace.pdf
8. VAVERKA, J., HAVÍŘOVÁ, Z., JINDRÁK, M. a kol.: Dřevostavby pro bydlení. Praha : Grada Publishing a.s., 2008, 380 s.. ISBN 978-80-247-2205-4.
9. <http://www.blockhaus-sebalex.de/abb.htm>
10. <http://www.frommelt.ag/intelligenter-holzbau/frommelt-als-unternehmen/traditionell-bauen>
11. <http://www.nedatelier.sk/porovnanie-druhov-stavieb>
12. [http://www.plzen.czso.cz/csu/2011edicniplan.nsf/t/11002E8DA1/\\$File/820911p13.pdf](http://www.plzen.czso.cz/csu/2011edicniplan.nsf/t/11002E8DA1/$File/820911p13.pdf)
13. <http://www.strojnet.cz/clanky/obrabeci-stroje-cnc.php>

Príspevok recenzoval: doc. Ing. Renáta Bašková, PhD.

Kontaktné údaje:

Ing. Marek Krajňák
Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta
Ústav technológie a manažmentu v stavebníctve
Vysokoškolská 4, 042 00 Košice
Tel: +421 055 602 4385
E-mail: marek.krajnak@tuke.sk

Ing. Ľubomír Vojtáš
Tauber, s.r.o., Strecha so zárukou
Tepličská cesta 12, 052 01 Spišská Nová Ves
E-mail: lvojtas@tauber.sk

VYUŽITÍ JEMNÝCH PODÍLŮ STAVEBNÍ SUTI VZNIKLÝCH PŘI RECYKLACI K REKULTIVACÍM

THE USE OF FINE FRACTION OF DEBRIS FROM RECYCLING FOR DECLAMATION

David Čech, Svatava Henková, Martin Štěrbá, Václav Venkrbec

Abstrakt

Při recyklaci stavební suti vzniká jemný materiál, který se nevyužívá a končí v současné době na skládkách. Samotná recyklovaná stavební suť by nevyhovovala pro ozelenění prostorů, což by negativně působilo na vzhled sídlišť. Proto se autoři zabývají smícháním jemných podílů recyklátu s organickým materiálem, který vzniká kompostováním. Vzniklá směs by se měla ve vlastnostech co nejvíce přiblížit přirozeným podmínkám pro úspěšný růst vegetace a přitom za použití odpadu končícího na skládkách. Toto řešení je zajímavé jak z hlediska ekonomického, tak z hlediska ochrany životního prostředí.

Klíčová slova: *recyklace, stavební suť, organický materiál, rekultivace, životní prostředí*

Abstract

During recycling of building waste there arises fine material which is not being used and nowadays it ends up at waste dumps. Recycled building waste itself would not be suitable for green spaces which would affect the appearance of housing estates. The authors focus on mixing of fine parts of recycle with organic material which is gained by composting. The new mixture should have characteristics as similar as possible to natural conditions for a successful growth of vegetation even though there is used the waste which would normally end up in dumps. This solution is interesting not only from the economic point of view but also from the point of view of environment protection.

Key words: *recycling, building waste, organic material, recultivation, environment*

1 ÚVOD

Problematika ochrany životního prostředí je ve stavebnictví a výrobě stavebních materiálů i v současné době stále velmi podceňovaná. Nejvíce se pro výrobu využívají primární suroviny získané těžbou a úpravou za vysokých podílů energie. Přičemž znovuvyužívání materiálů, vzniklých při rekonstrukcích, opravách a demolicích, šetří nejen životní prostředí, ale velmi podstatná je také ekonomická stránka věci. Stejně jako ve stavebnictví, je i při rekultivacích ploch po těžbě, revitalizacích a dalších terénních a sadových úpravách využíváno primárních zdrojů ornice, podorniční vrstva, rašelina, místo druhotných surovin, které vznikají z biologických odpadů. Závažnost a aktuálnost řešeného tématu lze nejlépe demonstrovat na reálných číslech, kdy jen v České republice byl realizován objem rekultivačních a revitalizačních prací od roku 1993 ve výši 20 miliard Kč. Významná část těchto nákladů byla vynaložena zbytečně. V celosvětovém měřítku se roční náklady spojené s rekultivací pohybují kolem 50 bilionů dolarů. U nás se používají technologie založené na velkých objemech zemních prací. Jedná se zejména o ornici, její přesuny, skladování, distribuci a konečné úpravy na ploše k rekultivaci. Jedná se o postupy velmi nákladné. Potřebná organická hmota

se vytváří z opadu vysazených dřevin, což je proces snadno narušitelný např. splavováním, mineralizací apod. a je tudíž velmi pomalý a málo efektivní. V následujících kapitolách článku je provedeno seznámení s recyklací a popsán princip zkoumané technologie a představení počátečních výsledků výzkumu.

2 DEMOLICE, SANACE, BOURACÍ PRÁCE, REKONSTRUKCE STAVEB A SOUČASNÝ ZPŮSOB NAKLÁDÁNÍ SE STAVEBNÍMI ODPADY

V současné době většina této činnosti probíhá bez předchozího “zamyšlení se kam s ním”. Ve výběrovém řízení uspěje ten, kdo je nejlevnější v daném okamžiku, neřeší se budoucnost.

Ve většině případů nedochází k využití stavební suť a všechny odpad je odvezen na skládky, čímž dochází ke zvýšeným nákladům v budoucnosti a k nadměrnému zatěžování životního prostředí jak v době demolice (odvoz, nakládání), tak ničením přírodních zdrojů.

Současný trend výstavby i revitalizací vypadá následovně:

- Demolice stávajících objektů
- Veškerý materiál se odveze na skládky
- Přiveze se nový materiál
- Staví se

Pro odpovědného hospodáře by měl být hlavní cíl v komplexním vyhodnocení demolice a budoucím zhodnocení.

Celá filozofie spočívá v tom, že předtím než začnu budovat něco nového, měl bych vědět, jak naložím s tím starým. Což znamená:

- Co nejméně odvážet
- Co nejméně ukládat na skládky
- Co nejméně vyrábět z nových surovin
- Co nejméně dovážet
- Co nejméně skladovat
- **Co nejvíce znovu zhodnotit**

3 PODSTATA RECYKLACE STAVEBNÍCH ODPADŮ

V procesu recyklace jako celku by mělo jednoznačně platit, že kvalita a efektivita celého procesu recyklace závisí na kvalitě provedených demoličních prací a to hlavně na třídění materiálu z demolice přímo na místě. Stavební odpad není v mnoha případech až tak škodlivý, mnohem větší hrozbou pro životní prostředí je jeho množství a to, že se ve většině případů druhotně nevyužije. Ideální k tomuto účelu je použití mobilních recyklačních linek, které obsahují jak část drtící, tak třídící.

Proces recyklace se skládá z několika částí:

- Demolice (v tomto případě rozebrání několika podlaží)
- Předtřídění (odstranění viditelných cizorodých látek, zejména kontaminovaných, organických a podobně)

- Drcení
- Odstranění cizorodých látek (například železo)
- Třídění (výstupní frakce recyklátu)

4 PRINCIP VÝZKUMU A VYUŽITÉ MATERIÁLY

V této části příspěvku budou popsány materiály použité při výzkumu.

Jedná se jak o materiály vzniklé při recyklaci, tak o organický materiál, vznikající z biologického odpadu. Z materiálů, vzniklých při recyklaci stavební suť, se bude jednat o jemný materiál, který se ve většině případů nevyužívá a končí na skládkách.

4.1 Stavební suť

Jedná se o odpad při recyklaci vybouraných stavebních materiálů. Recykláty stavebního materiálu je možné využít při řadě činností spojených s výstavbou. Nicméně plnohodnotné využití zatím není zajištěno. Recyklací vzniklé materiály vznikají při recyklaci betonů, recyklaci skla, recyklaci keramických prvků, dřeva, asfaltů.

Stroje a zařízení, které se využívají pro recyklaci stavebních materiálů, mohou upravit původní suť. Velmi důležitý je i způsob provádění demoličních prací. I přes snahu o maximální využití ve stavebnictví, zůstává minimálně 20% materiálu nevyužito a končí na skládkách. Při opravách a rekonstrukcích budov je to víc než 50%.

Tímto zbytkovým materiálem je tak zvané podsítné. Vzniká při drcení vybouraného stavebního materiálu, hlavně zděných konstrukcí a omítek. Tato jemná frakce, která obsahuje směs cihel, vápna, betonu a také hlíny se nehodí k dalšímu použití ve stavebnictví. Je špatně zhutnitelná, velmi nasákavá a obsahuje nesourodé materiály. Pro ukládání na skládky je nepříjemným vedlejším efektem prašnost. Proto se firmy raději uchylují ke skládkování nadrceného materiálu.

4.2 Organický materiál

Dle velikosti a způsobu kompostování rozeznáváme tři základní způsoby kompostování:

- domácí kompostování
- komunitní kompostování

Při domácím a komunitním kompostování je aerace zajišťována převážně přírodními fyzikálními pochody – difuzí a konvekci, doporučuje se však provádět také manuální překopávání například vidlemi či lopatou minimálně jednou za půl roku.

- průmyslové kompostování

Při průmyslovém (komunálním) kompostování se bioodpad zpracovává v centrálních kompostárnách, aerace je ve větší míře realizována mechanizovaným překopáváním pomocí překopávačů. Aeraci lze také zajistit nucenou aeraci, kdy je výměna vzduchu do kompostovaného materiálu zabezpečena vháněním či odsáváním vzduchu.

Cílem kompostování je zpětné uvedení organických zbytků do koloběhu látek v přírodě. Humus a jeho kyseliny jsou důležité pro vytváření optimální struktury a kyprostí půdy a zajišťují v půdě dostatečnou kapacitu živin a vody. Kompost usnadňuje zpracování půdy, zvyšuje vodní jímavost a retenční kapacitu, zkypruje utužené a těžké půdy, regeneruje půdu, podporuje život v půdě, redukuje choroby rostlin a škůdce, omezuje kyselost půd a stabilizuje

hodnotu pH, snižuje vodní erozi, redukuje spotřebu vody, zabraňuje vysychání a dlouhodobě zásobuje rostliny důležitými živinami.

Půdní mikroorganismy využívají humus jako trvalý zdroj živin. Efektivita reprodukce humusu je u kompostů nesrovnatelně větší než u jiných organických hnojiv. Kompost vytváří mimořádně stabilní, vysoce hodnotnou organickou strukturu půdy. Obsahuje všechny důležité hlavní a stopové živiny. Kompost je hygienicky nezávadný. Kvalitní kompost je zcela zbaven klíčivých semen a oddenků plevelů. Uvolňování živin z kompostu je pozvolné. Výživná hodnota kvalitního kompostu může rovněž nahradit značnou část průmyslových hnojiv, což kromě přímého ekonomického efektu má významný přínos ekologický.

V našem výzkumu jsme si kladli za cíl skloubit dvě zcela nesouvisející oblasti lidského podnikání a to stavebnictví a zemědělství.

5 POSTUP VÝZKUMU

Použité materiály a pomůcky:

- **Anorganické**

Vzhledem k možnosti srovnání různých materiálů jsme použili následující materiály:

Stavební suť – Jedná se o materiál vzniklý při podrcení a přetřídění objektu z pálených cihel, vápenné malty a také z vápenných omítek vnitřních i vnějších. Objekt je z let 1930, a proto je vápno velmi zvětralé a pouze mírně alkalické.

Směs obsahuje: 52% cihelné drti frakce 0-4 mm, 4% betonu 0-4mm, 23% písku 0-4 a 21% vápenného prachu.

Křemičitý písek - střední zrno 0,75 mm

Křemičitý písek ST 56

Křemičitý písek RTK 3

Pálený jíl 1-3 mm

- **Organické**

Pro 1. fázi výzkumu byl jako organický materiál použit kompaktní biologický prvek:

Rašelina

Rostlinný – semeno vojtěšky (bylo použito pro zjištění růstových vlastností)

- **Pomůcky**

Plastové potrubí – nařezáno na stejně dlouhé díly a upraveno s folií a dnem.

Geotextilie

Odměrovací nádoba – na substrát a semeno vojtěšky

Lopatka na promíchání

Technologický postup:

- **Příprava roury**

Vložení textilie a umístění na vodorovném povrchu se stejnými vlastnostmi jako je například stejné oslunění pro všechny vzorky.

- ***Příprava substrátu***

V nádobě byly smíchány tři díly rašeliny s jedním dílem anorganického materiálu.

- ***Naplnění připravených nádob z plastového potrubí***

Nádoby byly naplněny a došlo k mírnému sklepání substrátu a doplnění do výšky 5 cm od horního okraje. Po naplnění a umístění na kontrolní stanoviště byl substrát stejnoměrně zvlhčen. Došlo tak k sednutí a proto byl poté doplněn opět do výšky 5 cm pod okraj. Od každého substrátu bylo ponecháno malé množství na dosypání a překrytí semen. Byly odměřeny semena vojtěšky a rovnoměrně nasypány na povrch substrátu. Vždy ve čtyřech vzorcích od každého a pátý vzorek je kontrolní. Semena vojtěšky byla následně zasypána centimetrovou vrstvou substrátu.

- ***Péče o vzorky***

Vzorky byly pravidelně vlhčeny a byla prováděna kontrola, aby nedošlo k proschnutí. Vzhledem k uložení vzorků na volném prostranství nebyly chráněny před deštěm, ale ten působil vzorky rovnoměrně.



Obr. 1: Příprava roury.



Obr. 2: Příprava substrátu.



Obr. 3: Naplnění připravených nádob z plastového potrubí.

6 VÝSLEDKY VÝZKUMU

Po prvních třech dnech se objevily první rostlinky. Ve všech vzorcích vyklíčilo stejné množství, avšak po určité době (3 dny) rostliny ve vzorcích s křemičitým pískem částečně zhynuly. Ve vzorcích se stavební sutí však rostly dál a úspěšně rostou dodnes.

V současné době probíhá měření infiltrace. Zatím jasným výsledkem je, že stavební suť díky své alkalitě snížila Ph směsi a tím přispěla k lepšímu růstu. Dalším faktorem je, že stavební suť dostatečně vylehčuje namíchanou směs.

7 ZÁVĚR 1. FÁZE VÝZKUMU

Pro příští fázi výzkumu je třeba zvolit jinou organickou část, kupříkladu zahradnický substrát, nebo ornici, či podorniční vrstvu. Je otázkou, zdali pro pokusy nevolit jen zahradnický substrát jednoho typu. Dále zaměnit textilií za drenážní vrstvu, případně jiný záchytný materiál z přírodních zdrojů jako například juta nebo sisal. Dále je pro další pokusy nutno znát původ suti.

8 PLÁNOVANÉ POKRAČOVÁNÍ VÝZKUMU

Cílem výzkumu je vyvinout komplexní technologii pro výrobu speciálních rekultivačních substrátů. Nová technologie přinese snížení nároků na dosud používané nákladné technické kroky při rekultivaci, jako jsou manipulace, skladování a distribuce ornice, a také umožní zvýšení biodiverzity rekultivovaných ploch. Vyvinutím nové komplexní technologie pro efektivní rekultivace a revitalizace vzniká mimořádný prostor pro podnikatelské příležitosti v ČR.

Dalším cílem je navrhnout komplexní využití co největšího množství recyklovaného materiálu při demolicích či rekonstrukcích různých typů objektů. Toto bude obnášet rozbor typu stavby a materiálů, které bude obsahovat, navrhnout technologii třídění a následné zpětné efektivní použití.

9 ZÁVĚR

Prostřednictvím tohoto výzkumu bychom přispěli ke komplexnímu využití materiálů získaných při recyklaci stavebního materiálu. Jemná frakce recyklátu je totiž využívána pouze z malé části, zbytek končí na skládkách. Cílem do budoucna je navrhnout možnosti recyklace

všech materiálů získaných při částečných asanacích různých typů stavebních objektů, což by vedlo k výrazným ekonomickým úsporám a šetření životního prostředí.

Použitá literatura

1. Henková, S 1992, Využití stavebního odpadu s ohledem na celkové řešení stavby, In Zborník prednášok z V. vedeckej konferencie Stavebnej fakulty TU v Košiciach: 8. Sekcia: Technológia a organizácia stavieb, pp.44–49, SvF TU Košice, Košice, Slovakia.
2. ARSM 2002, Podstata recyklace stavebních odpadů, navštíveno 15. září 2012, <<http://www.arsm.cz/podstata.php>>.
3. Henek, M & Kravka, M & Henková, S & Dymák, R 2011, Use of Building Rubble and Organic Matter Mixture as an Innovative Substrate to Improve Water Regime in Degradated Soils Within Processes of Land Reclamation and Reforestation, paper presented to the scientific meeting of the Integrated Management of Environmental Resources, Suceava, 4-6 November, Romania.
4. Garate A. et al. 2011, Assessment of Impacts of Soil Organic Matter on the Physical Properties of Soils by Testing Consolidated Container Samples. In Colloquium on Landscape Management, Mendel University, Brno.
5. ČECH, D.; ŠTĚRBA, M.; HENKOVÁ, S. REVITALISATION OF AGEING PRE-FABRICATED PANEL HOUSING ESTATES. *Journal of International Scientific Publications: Ecology & Safety*, 2012, roč. 6, č. 2, s. 194-210. ISSN: 1313- 2563.

Kontaktní údaje

Ing. David Čech

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební

Veveří 331/95, 602 00 Brno

Tel: 541 147 991

email: cech.d@fce.vutbr.cz

Ing. Svatava Henková, CSc.

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební

Veveří 331/95, 602 00 Brno

Tel: 541 147 462

email: henkova.s@fce.vutbr.cz

Ing. Martin Štěrbá

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební

Veveří 331/95, 602 00 Brno

Tel: 541 147 991

email: sterba.m@fce.vutbr.cz

Ing. Václav Venkrbec

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební

Veveří 331/95, 602 00 Brno

Tel: 4420 54114 7991

email: venkrbec.v@fce.vutbr.cz

REVITALIZACE NEDOSTATEČNĚ VYUŽÍVANÝCH STAVEBNÍCH OBJEKTŮ

REVITALIZATION OF INSUFFICIENTLY USED STRUCTURAL OBJECTS

Martin Štěrbá, Svatava Henková, David Čech, Václav Venkrbec

Abstrakt

Článek se zabývá problematikou takzvaných „brownfieldů“ z hlediska možnosti jejich opětovného využití. Uvádí základní členění těchto objektů včetně předpokládaných příčin jejich vzniku. Dále popisuje kritéria využitelná k výběru vhodných objektů. Závěrem článku jsou naznačeny možné způsoby vyhodnocování formou schémat řešení a způsobu řešení.

Klíčová slova: *brownfields, recyklace, dělení, vyhodnocování*

Abstract

The article deals with the matter of the repeated usage of brownfields. The article presents the division of these objects as well as their supposed cause of origin. It further describes the criteria that can be used for choosing suitable objects. The article is concluded with several possible ways of brownfield evaluation.

Key words: *brownfields, recycling, division, evaluation*

1 ÚVOD

Problematika nedostatečně využívaných objektů, trápí prakticky celý svět. U nás ovšem k největšímu rozmachu tohoto problému začalo docházet po roce 1989, kdy se změnilo rozložení moci ve státě, s čímž byla spojena i změna v toku dotací. Změnilo se zejména podporování podniků, začalo docházet k omezení provozů, v horších případech dokonce i k jejich krachování. Tyto areály začaly chátrat, a to vedlo ke vzniku tzv. „brownfieldů“.

Takto definované objekty jsou považovány za stále větší přítěž pro obyvatele, a to jak estetickou, tak i ekonomickou.

Tuto problematiku lze vyřešit dvěma základními způsoby. Prvním je kompletní demolice, druhým pak rekonstrukce. Obě tyto varianty bývají velice finančně nákladné, jelikož se většinou jedná o objekty či areály značných půdorysných rozměrů.

1.1 Definice pojmu brownfield

Pod pojem brownfield řadíme zpravidla vybydlené, opuštěné či nedostatečně využívané objekty, které jsou dotčeny způsobem jejich původního využívání. Bývají tedy zpravidla zatíženy značnými ekologickými zátěžemi.

Jedná se jak o malé objekty, tak i o plochy obrovských rozloh tvořené komplexy budov a pozemků. Mohou se vyskytovat buď v souvisle zastavěných územích, nebo ve volné krajině.

1.2 Typy brownfieldů a jejich předpokládaný vznik

Existuje několik typů brownfieldů, které si nyní alespoň stručně přiblížíme:

1.2.1 Armádní

Hlavní příčinou jejich vzniku byl jednoznačně přechod na takzvanou profesionální armádu. Armáda byla nucena zaměřit své finance a snahu o údržbu pouze na využívané objekty, ostatní se začali rozprodávat a zbylé začali postupně chátrat.

1.2.2 Zemědělské

Hlavní příčinou jejich vzniku byl přechod na takzvanou přechod na tržní ekonomiku v roce 1989. Jednotná zemědělská družstva v roce 1989 obhospodařovala 2/3 zemědělské půdy. Po roce 1990 zažil rozmach soukromý sektor. Dále došlo ke zvyšování dovozu potravin ze zahraničí v důsledku vstupu země do euro zóny. To vše a mnohé další vedlo k omezování provozů zemědělských družstev a chátrání řady objektů.

1.2.3 Průmyslové

Hlavní příčinou jejich vzniku bylo otevření hranic, stát začal finančně dotovat jiná odvětví a udržitelnost tak byla odsouzena k obrovským investicím soukromého sektoru. Tyto investice ale nebyly rentabilní a to způsobilo krachování těchto gigantů.

1.2.4 Dopravní

Hlavní příčinou jejich vzniku bylo přesunutí značné části transportovaných materiálů z kolejové dopravy na dopravu automobilovou. Další příčinou jejich vzniku byl fakt, že výstavba nových dopravních struktur byla levnější než oprava struktur stávajících.

1.2.5 Rekreační

Tyto plochy byly dříve ve vlastnictví velkých průmyslových podniků, případně jimi byly dotovány či pronajímány jako rekreační prostory pro jejich zaměstnance. Po zániku těchto podniků tak došlo ke ztrátě velké části klientely, což přispělo k neschopnosti tyto komplexy dále provozovat.

1.2.6 Občanské

Hlavní příčinou vzniku bylo zrušení pracovních příležitostí v regionech a nutnost odchodu lidí za prací. Tento fakt znamenal neschopnost prodeje nemovitostí. Dalším z aspektů bylo zvyšování nájemného, užívání bytů a bytových domů „nepřízpůsobivými“ občany. Dále zanedbávání oprav, což mělo za následek situace, kdy se dům stal neobyvatelným a majitel odmítl investice do jeho rekonstrukcí.

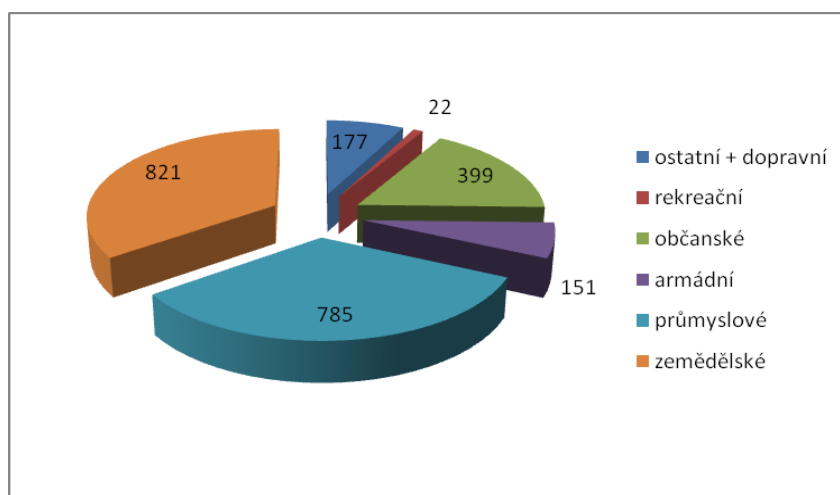
1.2.7 Ostatní

Mezi tyto objekty je možné zařadit budovy, jako jsou školy, nemocnice, kulturní domy, kina, a další. Tyto objekty vznikaly na základě nedostatku financí státu, měst, obcí či soukromých vlastníků.

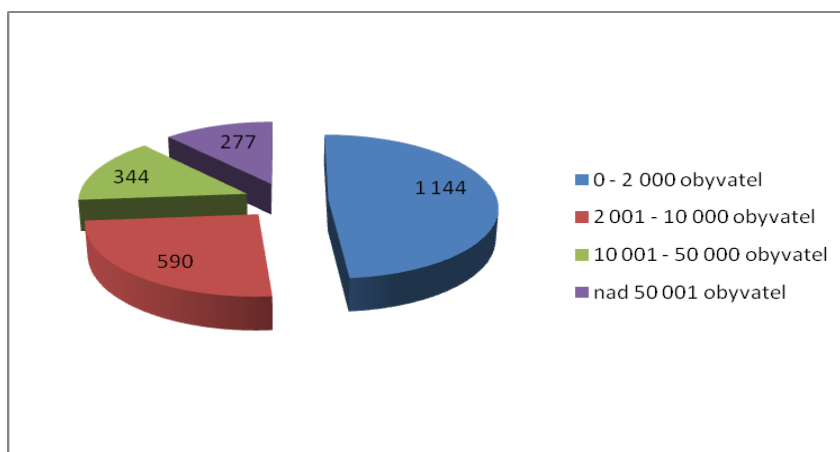
2 ČLENĚNÍ „BROWNFIELDŮ“ V ČR

Převážná většina objektů bývá dotčena svým prvotním využitím, s čímž se je potřeba při plánování revitalizace zabývat.

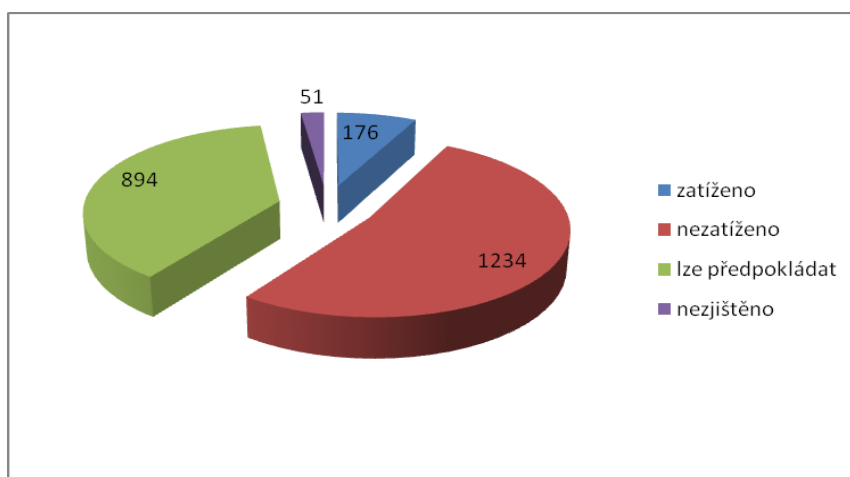
Nyní tedy uvedeme základní členění těchto objektů:



Graf č. 1: Členění v závislosti na počtu lokalit



Graf č. 2: Členění dle výskytu



Graf č. 3: Členění dle ekologického zatížení

3 KRITÉRIA PRO VÝBĚR VHODNÉHO OBJEKTU A MOŽNÁ RIZIKA S NÍM SPOJENÁ

Každý investor chce docílit co možná nejvyššího zisku za co možná nejmenší investici. To je zcela logické. Je tedy velice důležité klást důraz na volbu správného objektu a jeho umístění.

V rámci výzkumu jsme se zaměřili především na demolice objektů spojené s jejich recyklací a následnou možností opětovného využití vzniklého recyklátu.

Prvním krokem je výběr vhodného místa, čímž je myšleno, zda je objekt dostupný automobily, zda je napojen na požadované sítě a podobně.

Druhým krokem by tedy mělo být detailní seznámení s vybraným objektem. Musíme tedy znát jeho prvotní využití, to nám ihned napoví, co od něj je možné čekat.

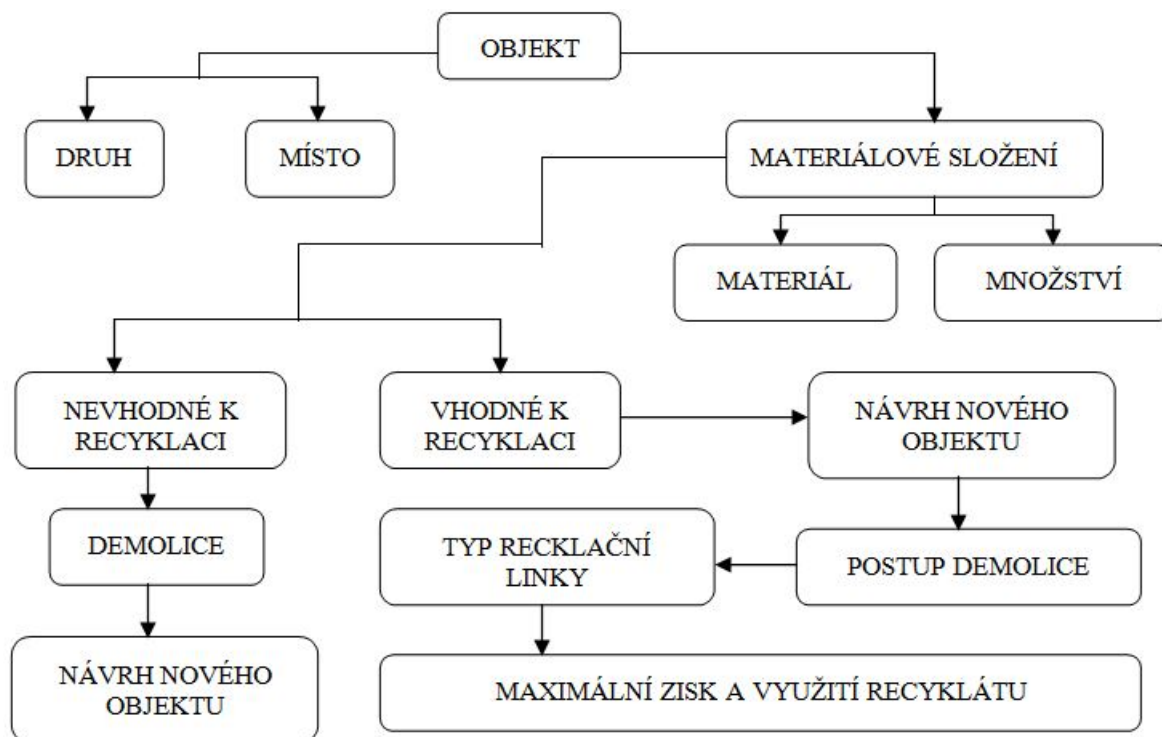
V třetím kroku, bychom se měli zamyslet nad možností opětovného využití materiálů z demolice. Jako například keramických prvků na případné kurty, dřeva a podobně.

A v neposlední řadě si promyslet, zda je vhodné využít objekt dotčený ekologickou zátěží či nikoli. Tyto objekty bývají sice výrazně levnější, nicméně likvidace této zátěže stavbu často dokáže velice předražít.

3.1 Způsoby vyhodnocování

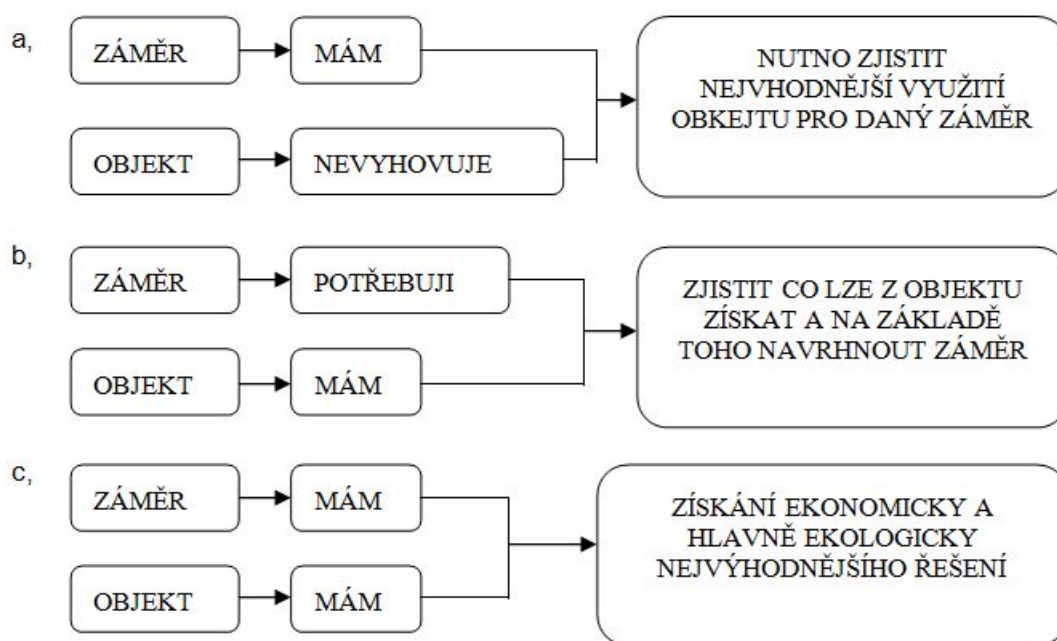
V rámci specifického výzkumu byl zpracován postup při demolicích, rekonstrukcích a opravách několika typů objektů.

Navržený technologický postup lze popsat následujícím schematickým zobrazením.



Obr. č. 1: Schéma řešení

Jak vyplývá z výše uvedeného schématu, je možné tento postup využít několika způsoby:



Obr. č. 2: Způsoby řešení

4 ZÁVĚR

Každý člověk, kterému záleží na životním prostředí, by měl zvážit investici do obnovy stávajících a chátrajících objektů. Jedná se často o na první pohled složitější cestu k výslednému efektu, ovšem ve výsledku se jedná o zcela opačný efekt.

Využívání brownfieldů při nové výstavbě je zcela jistě správným krokem hned z několika hledisek. Těmi jsou například možnost využití recyklačních linek při demoličních pracích. Dovoluji si tvrdit, že recyklace odpadů vznikajících při demolicích stavebních objektů, je v dnešní době výhodná. Tudiž bych ji doporučil a to hned z několika důvodů. Jako argumenty bych uvedl například stále se zvyšující ceny za skladování stavební suti či ceny dopravy suti na skládky. Stejně tak pro recyklaci hovoří zdražování materiálů, které je možné v případě zodpovědného recyklování nahradit vzniklými recykláty. Za další kritérium pro recyklování se dá považovat tlak vlády na snižování vzniku odpadů a důraz, který je kladem na využívání vznikajících recyklátů.

Další výhodou je šetrnost k životnímu prostředí či fakt, že značná část realizovaných objektů je již vystavěna a upravují se pouze jejich dispoziční řešení.

Použitá literatura

1. Božena Kadeřábková, Marian Piecha, a kol., *Brownfields. Jak vznikají a co s nimi*. Praha. C.H.Beck. 2009. 138 stran. ISBN 978-80-7400-123-3.
2. Štěrbá Martin 2012, *Problematika brownfieldů v České republice*, VUT v Brně. 2012. 524 stran. ISBN 978-80-214-4393-8.
3. CzechInvest 2008, *Národní strategie regenerace brownfieldů*, <<http://www.czechinvest.org/data/files/nsb-595.pdf>>.
4. Odbor ekologie lidských sídel a člověka MŽP 2007: *Regenerace brownfields*. In Planeta, Ročník XV, číslo 3/2007. Ministerstvo životního prostředí. Přístupné online, navštíveno 15. září 2012.

<[http://www.mzp.cz/osv/edice.nsf/920C44FF3021A8C3C125725900456981/\\$file/planeta3_final.pdf](http://www.mzp.cz/osv/edice.nsf/920C44FF3021A8C3C125725900456981/$file/planeta3_final.pdf)>.

5. Kysel'ová, K. 2010, Projekty pre brownfieldy a ich mapovanie. Vydavateľstvo EUROSTAV, prístupné online, navštíveno 15. září 2012. <<http://www.4-construction.com/sk/clanok/projekty-pre-brownfieldy/>>.
6. Čech, D.; Štěrba, M.; Henková, S. Solution of the Issue of Brownfield Sites and Their Re-Use with an Emphasis on Preservation of Natural Resources and on Energy Saving. Journal of International Scientific Publications: Ecology & Safety, 2012, roč. 6, č. 2, s. 211-220. ISSN: 1313- 2563.
7. ARSM 2002, *Podstata recyklace stavebních odpadů*, navštíveno 15. září 2012, <<http://www.arsm.cz/podstata.php>>.
8. Hyben, I & Spišáková, M 2011, *Modelovanie systému recyklácie stavebných a demolačných odpadov*, 1st edn, SvF TU v Košice, Košice, Slovakia.
9. Henek, M & Kravka, M & Henková, S & Dymák, R 2011, Use of Building Rubble and Organic Matter Mixture as an Innovative Substrate to Improve Water Regime in Degradated Soils Within Processes of Land Reclamation and Reforestation, paper presented to the scientific meeting of the Integrated Management of Environmental Resources, Suceava, 4-6 November, Romania.

Kontaktní údaje

Ing. Martin Štěrba

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební

Veveří 331/95, 602 00 Brno

Tel: 541 147 991

email: sterba.m@fce.vutbr.cz

Ing. Svatava Henková, CSc.

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební

Veveří 331/95, 602 00 Brno

Tel: 541 147 462

email: henkova.s@fce.vutbr.cz

Ing. David Čech

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební

Veveří 331/95, 602 00 Brno

Tel: 541 147 991

email: cech.d@fce.vutbr.cz

Ing. Václav Venkrbec

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební

Veveří 331/95, 602 00 Brno

Tel: 4420 54114 7991

email: venkrbec.v@fce.vutbr.cz

PREUKÁZANIE POTENCIÁLU PREFABRIKÁCIE V STAVEBNÍCTVE

DEMONSTRATION OF PREFABRICATION POTENTIAL IN CONSTRUCTION

Mária Kozlovská, Marcela Spišáková, Pavol Kaleja

Abstrakt

Prefabrikácia, ako jedna z možností moderných metód výstavby (MMV), umožňuje zvýšiť technologickú, ekonomickú ako aj ekologickú efektívnosť stavebnej výroby. Predkladaný príspevok poukazuje na jednotlivé aspekty novodobej prefabrikácie, podporu a možnosti jej uplatnenia v súčasnom stavebníctve. V rámci preukázania potenciálu využívania MMV bola spracovaná prípadová štúdia na objekte polyfunkčného domu na stavbe „Polyfunkčné centrum v Devínskej Novej Vsi“, ktorého hrubá stavba bola zrealizovaná integrovaním určitého stupňa prefabrikácie prostredníctvom filigránových stien a filigránových dosiek. Pre tento objekt bolo navrhnutých päť technologických variantov výstavby, ktoré sú navzájom diferencované podľa stupňa prefabrikácie. Prednosti a nedostatky prefabrikácie boli dokázané na základe porovnania celkových a čiastkových nákladov, doby výstavby a prácností jednotlivých variantov výstavby. V závere príspevku je prostredníctvom viackriteriálnej optimalizácie vyhodnotený optimálny variant výstavby skúmaného objektu.

Kľúčová slova: *moderné metódy výstavby (MMV), prefabrikácia, stupeň prefabrikácie, prípadová štúdia*

Abstract

A prefabrication as one way of modern methods of construction (MMC) allows increasing the technological, economic and ecological efficiency of construction. The submitted paper deals with the particular aspects of modern prefabrication, drivers, barriers and ways of its use in current construction. Within the demonstration of MMC use potential was processed the case study for the building object of construction “Multifunctional centre in Devínska Nová Ves” which presents a katzenberger building system. There was proposed the five variants of this construction which are differentiated by the degree of construction. Advantages and disadvantages of prefabrication are demonstrated by the comparing of total costs, partial costs, construction duration and labor intensive of particular variant of construction. The optimum variant and degree and prefabrication of construction selected on basis the multicriterial optimization is described in the conclusion of paper.

Key words: *modern methods of construction (MMC), prefabrication, degree of prefabrication, case study*

1 ÚVOD

Potreba bývania je na Slovensku v súčasnosti na historicky najvyššom stupni a má tendenciu pretrvávajúť ešte najbližších desať rokov (Cár, 2012). V súčasných podmienkach slovenského stavebného trhu predstavuje moderná prefabrikácia jednu z možností riešenia aj bytovej problematiky a zahŕňa jeden zo spôsobov moderných metód výstavby (MMV). MMV primárne predstavujú výrobu konštrukcií alebo ich častí vo výrobníach s možnosťou využiť

výhody takejto výroby, teda kratšiu dobu výstavby, zníženie realizačných chýb, zníženie spotreby a nárokov na energiu, zníženie negatívny vplyvov výstavby na životné prostredie a zníženie bezpečnostných rizík, ktoré vyplývajú z tradičných stavebných postupov. Tieto parametre stavebnej výroby je možné dosiahnuť jej premiestnením do kontrolovaných podmienok výrobných hál, kde sa jednotlivé objekty alebo ich časti zhotovujú a následne na stavenisku sa zostaví samotná stavba alebo jej časť. Na druhej strane, v povedomí ľudí je stále pojem prefabrikácia spojený s negatívnym vnímaním panelových domov, ktoré sú vo veľkej miere zastúpené v strednej a východnej Európe. Výhody a nedostatky tejto prefabrikovanej výstavby sú ešte aj v súčasnosti diskutabilné. Novodobá prefabrikácia je založená na prefabrikovaných dielcoch, ktoré sú optimalizované s prihliadnutím na individuálne požiadavky užívateľov, možnosti a obmedzenia, požiadavky na ochranu proti hluku, požiaru odolnosť, mechanické vlastnosti, zaťaženia, výrobné tolerancie a pod.. Predkladaný príspevok má preukázať potenciál využívania prefabrikovanej výstavby v rámci posudzovania základných aspektov výstavby, ktorými sú náklady a doba výstavbového procesu. Pre tento účel bola spracovaná prípadová štúdia na objekte polyfunkčného domu v Devínskej Novej Vsi, ktorého hrubá stavba bola zrealizovaná integrovaním určitého stupňa prefabrikácie prostredníctvom filigránových stien a filigránových dosiek.



Obr. 1 Pohľad na západnú fasádu polyfunkčného domu v Devínskej Novej Vsi

2 PRÍPADOVÁ ŠTÚDIA POLYFUNKČNÉHO DOMU

Cieľom prípadovej štúdie je preukázať potenciál prefabrikácie výstavby už pri nízkych stupňoch prefabrikácie. Stupeň prefabrikácie vo všeobecnosti predstavuje podiel objemu prefabrikovaných prvkov na celkovom objeme výstavby.

Objekt polyfunkčného domu pozostáva zo 4 nadzemných podlaží, kde sa nachádza 22 bytových a 8 nebytových jednotiek (obr.1). Celková zastavaná plocha je 700 m². Investor sa rozhodol zrealizovať hrubú stavbu jedného z objektov polyfunkčného centra z filigránových prefabrikovaných prvkov: stropov aj stien, vrátane zhotovenia zošikmenej časti strešnej konštrukcie pomocou týchto prvkov. Na tomto objekte bolo možné simulovať viaceré technologické varianty, s rôznym stupňom, resp. podielom zabudovaných prefabrikovaných častí konštrukcie, vyhodnotením ktorých bolo možné poukázať ich vplyv na základné parametre výstavby: dobu a náklady. Jednotlivé technologické varianty výstavby hrubej stavby sú zadefinované v tabuľke 1.

Tab. 1 Technologické varianty výstavby polyfunkčného domu v Devínskej Novej Vsi

Variant V1 Murované zvislé konštrukcie hrubej stavby s keramickými stropmi Stupeň prefabrikácie < 10%
Zvislé konštrukcie: Murivo nosné z tehál pálených POROTHERM na pero a drážku P+D 30x25x23,8. Pozdĺžne obvodové murivo a vnútorné deliace steny tvoria kvádre POROTHERM 30. Priečky sú z kvádrov POROTHERM hrúbky 11,5 a 14 cm.
Vodorovné konštrukcie: Keramický strop HELUZ MIAKO, hrúbky 270 mm.
Strešné konštrukcie: Nosná konštrukcia plochej časti strechy je rovnaká ako stropy hrúbky 270 mm. Šikmú časť strechy so sklonom 50° orientovanú na západ tvorí konštrukcia krovu.
Variant V2 Monolitický variant hrubej stavby Stupeň prefabrikácie < 10%
Zvislé konštrukcie: Nosnú konštrukciu tvoria železobetónové monolitické steny hrúbky 200 mm. Pozdĺžne obvodové murivo a vnútorné deliace steny tvoria kvádre POROTHERM 30. Priečky sú z kvádrov POROTHERM hrúbky 11,5 a 14 cm.
Vodorovné konštrukcie: Železobetónový monolitický strop hrúbky 250 mm.
Strešné konštrukcie: Nosná konštrukcia plochej časti strechy je rovnaká ako stropy hrúbky 250 mm. Šikmú časť strechy so sklonom 50° orientovanú na západ tvorí konštrukcia krovu.
Variant V3 Murované zvislé konštrukcie hrubej stavby s prefamonolitickými stropnými konštrukciami Stupeň prefabrikácie 13%
Zvislé konštrukcie: Murivo nosné z tehál pálených POROTHERM na pero a drážku P+D 30x25x23,8. Pozdĺžne obvodové murivo a vnútorné deliace steny tvoria kvádre POROTHERM 30. Priečky sú z kvádrov POROTHERM hrúbky 11,5 a 14 cm.
Vodorovné konštrukcie: Stropy sú železobetónové, doskové z veľkoplošných filigránových dosiek hrúbky 250mm.
Strešné konštrukcie: Nosná konštrukcia plochej časti strechy je rovnaká ako stropy hrúbky 250 mm. Šikmú časť strechy so sklonom 50° orientovanú na západ tvorí konštrukcia krovu.
Variant V4 Monolitické zvislé konštrukcie hrubej stavby s prefamonolitickými stropnými konštrukciami Stupeň prefabrikácie 13%
Zvislé konštrukcie: Železobetónové monolitické steny hrúbky 200 mm. Pozdĺžne obvodové murivo a vnútorné deliace steny tvoria kvádre POROTHERM 30. Priečky sú z kvádrov POROTHERM hrúbky 11,5 a 14 cm.
Vodorovné konštrukcie: Stropy sú železobetónové, doskové z veľkoplošných filigránových dosiek hrúbky 250 mm.
Strešné konštrukcie: Nosná konštrukcia plochej časti strechy je rovnaká ako stropy hrúbky 250 mm. Šikmú časť strechy so sklonom 50° orientovanú na západ tvorí konštrukcia krovu.
Variant V5 Prefamonolitický variant hrubej stavby Stupeň prefabrikácie 24,5%
Zvislé konštrukcie: Konštrukciu stien tvoria filigránové steny hr. 200 mm. Pozdĺžne obvodové murivo a vnútorné deliace steny tvoria kvádre POROTHERM 30. Priečky sú z kvádrov POROTHERM hrúbky 11,5 a 14 cm.
Vodorovné konštrukcie: Stropy sú železobetónové, doskové z veľkoplošných filigránových dosiek hrúbky 250 mm.
Strešné konštrukcie: Nosná konštrukcia plochej časti strechy je rovnaká ako stropy hrúbky 250 mm. Šikmú časť strechy so sklonom 50° orientovanú na západ tvoria prefabrikované filigránové steny zmonolitnené vnútorným zaliatím. Schodisko tvorí monolitická ŽB doska. Výťahová šachta je monolitická ŽB z filigránových stien hr. 200 mm a 250 mm.

Z hľadiska analýzy skúmania výsledných parametrov výstavby boli tieto rozdelené na primárne a sekundárne:

- primárne parametre - doba výstavby, celkové a čiastkové náklady, prácnosť
- sekundárne parametre - vplyv doby výstavby na investíciu, vplyv doby výstavby na okolité prostredie, plocha zariadenia staveniska, chyby pri výstavbe

Na preukázanie potenciálu prefabrikácie a jej vplyvu na základné parametre výstavby bola zvolená optimalizačná metóda viackriteriálneho rozhodovania. Ako vstupy pre optimalizačné rozhodovanie boli pre všetky technologické varianty vypracované rozpočty v prostredí Cenkos Plus a harmonogramy v prostredí MS Project (obr. 2, 3).

REKAPITULÁCIA ROZPOČTU

Stavba: Polyfunkčné centrum KOPOS-BV

Objekt: SO 02 Bytový dom C2, VARIANT 1

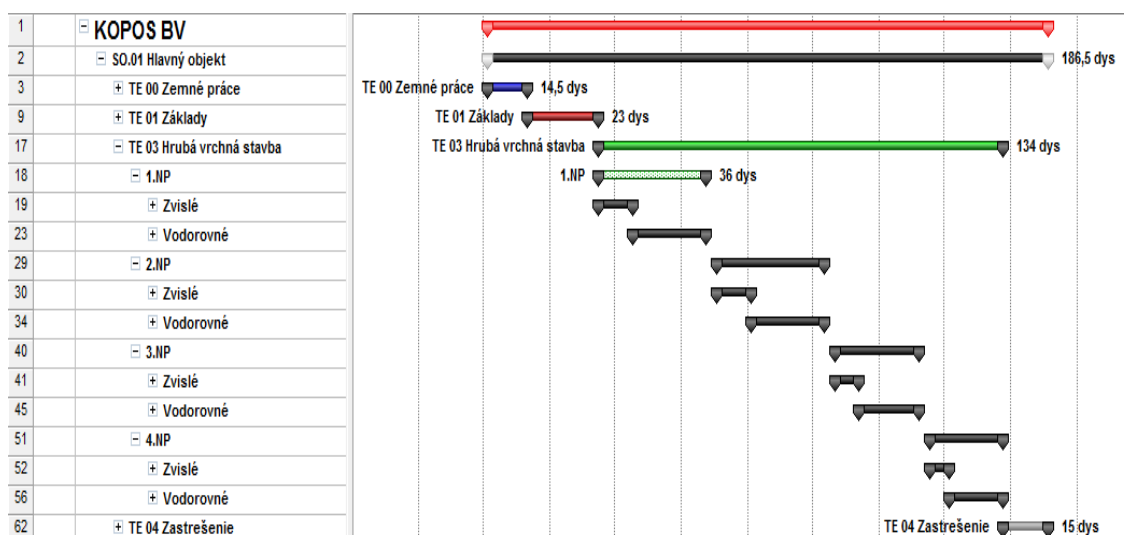
Vypracoval: Bc. Pavol Kaleja

Dátum: 14. 4. 2012

JKSO:

Kód	Popis	Dodávka	Montáž	Cena celkom	Hmotnosť celkom	Suť celkom
1	2	3	4	5	6	7
HSV	Práce a dodávky HSV	36 693,010	441 686,128	478 379,138	3 089,973	0,000
1	Zemné práce	3 597,384	18 115,323	21 712,707	314,503	0,000
2	Zakladanie	285,890	71 976,916	72 262,806	958,885	0,000
3	Zvislé a kompletne konštrukcie	31 570,032	140 622,101	172 192,133	837,080	0,000
4	Vodorovné konštrukcie	1 239,704	183 372,149	184 611,853	979,504	0,000
99	Presun hmôt HSV	0,000	27 599,639	27 599,639	0,000	0,000
PSV	Práce a dodávky PSV	49 214,135	61 559,524	110 773,659	22,609	0,000
711	Izolácie proti vode a vlhkosti	17 526,943	3 266,145	20 793,088	11,134	0,000
712	Izolácie striech	5 933,477	7 956,156	13 889,633	3,770	0,000
713	Izolácie tepelné	8 740,290	3 797,085	12 537,375	6,487	0,000
762	Konštrukcie tesárske	0,000	17 222,302	17 222,302	0,001	0,000
764	Konštrukcie klampiarske	0,000	27 692,108	27 692,108	0,001	0,000
766	Konštrukcie stolárske	17 013,425	1 625,728	18 639,153	1,216	0,000
M	Práce a dodávky M	0,000	1 082,015	2 682,015	81,150	0,000
23-M	Montáže potrubia	0,000	1 082,015	2 682,015	81,150	0,000
Celkom		85 907,145	504 327,667	591 834,812	3 193,732	0,000

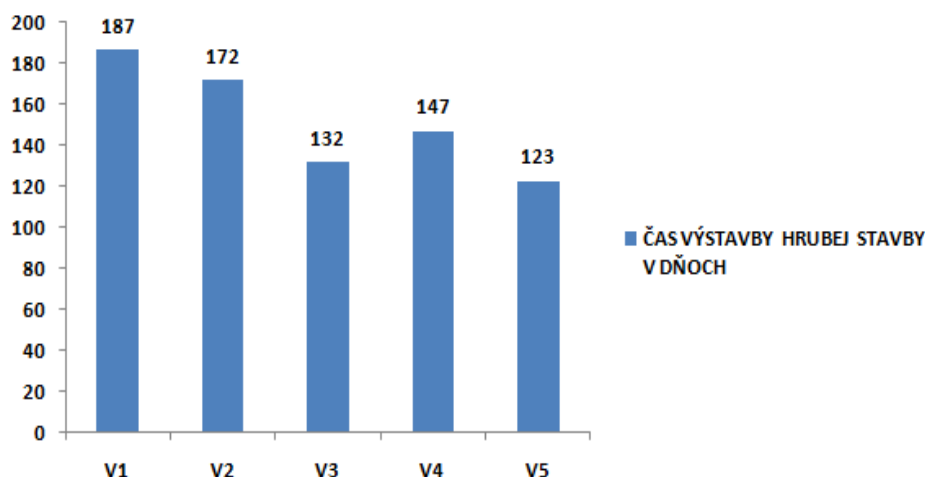
Obr. 2 Ukážka spracovaného rozpočtu výstavby pre variant 1



Obr. 3 Ukážka spracovaného harmonogramu výstavby pre variant 1

2.1 Vyhodnotenie základných parametrov výstavby

Prvý parameter, ktorý bol v rámci vyhodnotenia prípadovej štúdie spracovaný, je doba výstavby hrubej stavby pre každý posudzovaný variant. Pre tento účel bol vypracovaný harmonogram výstavby prostredníctvom softvéru MS Project pre každý z 5-tich variantov výstavby. Na základe týchto podkladov bol určený potrebný čas výstavby v dňoch.



Graf 1 Vyhodnotenie doby výstavby 5 variantov výstavby

V1- Murované zvislé konštrukcie hrubej stavby s keramickými stropmi, V2 - Monolitický variant hrubej stavby, V3 - Murované zvislé konštrukcie hrubej stavby s prefamonolitickými stropnými konštrukciami z filigránových dosiek, V4 - Monolitické zvislé konštrukcie hrubej stavby s prefamonolitickými stropnými konštrukciami, V5 - Prefamonolitický variant hrubej stavby

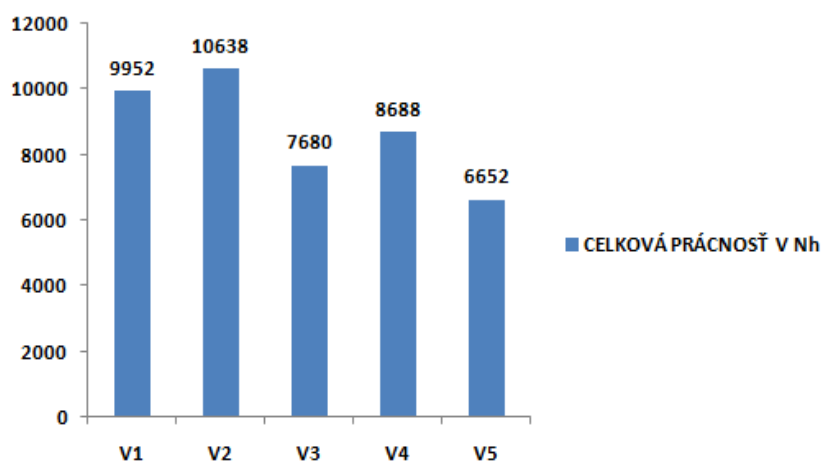
Výsledky spracovania sú zhrnuté v grafe 1, kde je zrejmé, že najkratšia doba výstavby (123 dní) je dosiahnutá pri realizácii hrubej stavby variantu V5, ktorý predstavuje kombinovaný prefamonolitický variant hrubej stavby realizovaný prostredníctvom filigránových prvkov, ktoré plnili funkciu strateného debnenia. Naopak najdlhšie (187 dní) by trvala výstavba pri realizácii variantu V1 – murované zvislé konštrukcie hrubej stavby s keramickými stropmi.

Vo všeobecnosti môžeme pozorovať zreteľné skrátenie doby výstavby už pri nízkych stupňoch prefabrikácie (variant V3 – filigránové stropy), čo úzko súvisí s elimináciou stavebných procesov vykonávaných priamo na stavenisku. Vplyv na dĺžku výstavby má vo veľkej miere nižšia prácnosť stavebných procesov a nezávislosť výroby prefabrikovaných prvkov (priemyselne vyrábaných častí) od poveternostných podmienok.

Parameter doby výstavby má aj niekoľko sekundárnych vplyvov. Hlavným vplyvom pri stavebnom, najmä developerskom projekte, je oddialenie doby začiatku užívania stavby. Tu môžeme hovoriť o možnej strate tisícov eur za každý týždeň oddialenia ukončenia výstavby. Je tiež nevyhnutné spomenúť, že vlastne každá doba výstavby, aj tá najkratšia, spôsobuje znižovanie štandardu bývania v okolitej zástavbe, keďže sa stavba nachádza zastavanom území. Skrátenie doby výstavby tiež ovplyvňuje náklady na prenajaté objekty v zariadenia staveniska (stavebné bunky, pozemky, oplatenie atď.).

Potenciál prefabrikácie v stavebníctve je zjavný práve pri parametri celkovej prácnosti výstavby (graf 2). Nárastom stupňa prefabrikácie celková (sumárna) prácnosť výstavby výrazne klesá a to z dôvodu odstránenia prácnych procesov zo staveniska. Najefektívnejší variant pri hodnotení tohto parametra je variant prefamonolitickej hrubej stavby (V5). Stupeň

prefabrikácie, resp. minimalizácie prácnosti na stavenisku, priamoúmerne vplýva aj na pravdepodobnosť vzniku chýb a nekvalitnej práce. Odstránením prácnych procesov zo staveniska vieme obmedziť nekvalitu spôsobenú časovým tlakom, poveternostnými podmienkami, nekvalifikovanosťou pracovníkov alebo celým radom ďalších faktorov, vplývajúcich na výrobu na stavenisku.



Graf 2 Vyhodnotenie celkovej prácnosti výstavby

Pri analýze predností resp. nedostatkov uplatnenia prefabrikovaných prvkov vo výstavbe je nutné okrem technologickej resp. časovej stránky daného procesu posúdiť aj ekonomickú stránku daného procesu. Preto ďalším parametrom, ktorý bol analyzovaný v rámci prípadovej štúdie boli náklady výstavbového procesu (graf 3). Vstupom pre analýzu nákladov výstavby boli rozpočty, vypracované pre každý z variantov. Aby bol tento parameter zhodnotený objektívnejšie, je nevyhnutné celkové náklady rozložiť na náklady za materiál, mzdy a stroje.

V prvom rade treba konštatovať, že z hľadiska nákladov sa zmenilo poradie hodnotenia variantov. Najmenšie náklady vychádzajú pri „murovaných“ variantoch V1 a V3, najvyššie pri „monolitickom“ variante V2. Prefabrikovaný variant V5 ostal na prostrednej priečke.



Graf 3 Analýza nákladov výstavby

Náklady na materiál sú viac menej úmerné k výške celkových nákladov vo všetkých variantoch, možno však badať, že práve pri variante V5 je tento pomer najväčší (86%). Dá sa predpokladať, že pri ešte väčšom stupni prefabrikácie by bol väčší.

Z grafu je ďalej zrejmé, že nárastom stupňa prefabrikácie náklady na mzdy pri jednotlivých variantoch hrubej stavby objektu klesajú. Silnou stránkou prefabrikácie je potreba menšieho počtu pracovníkov na stavbe. Táto skutočnosť, spolu so skrátením doby výstavby, výrazne ovplyvňuje celkové náklady na výstavbu predmetného objektu štúdie. Pokles nákladov na mzdy pri variantoch (V3, V4) s vyšším stupňom prefabrikácie oproti variantom (V1, V2) s najnižším stupňom prefabrikácie tvorí 15%. Tak isto, menej pracovníkov na stavenisku znamená aj menšie náklady na zariadenie staveniska.

Sekundárnym parametrom v rámci celkových nákladov sú nároky na zariadenie staveniska. Pri výstavbe z prefabrikovaných prvkov, ktorých montáž môže prebiehať priamo z dopravných prostriedkov, nie je potrebné skladovanie materiálu na stavenisku, ako je to v prípade murovaných a monolitických konštrukcií.

Nákladnou položkou, s ktorou je nevyhnutné rátať pri ďalšej etape výstavby, je úprava povrchov (omietky). Keďže sú filigránové stenové a stropné konštrukcie vyrábané priemyselným spôsobom, ich povrch je hladký a tak je lepšie pripravený na finálnu úpravu. To výrazne ovplyvní náklady a aj dobu realizácie nasledujúcich etáp výstavby.

Pre následné hodnotenie jednotlivých variantov bola náročnosť na plochu staveniska a možnosti rozvinutia staveniskovej prevádzky stanovená pridelením bodov, keď najmenší počet bodov získal variant s najväčšími nárokmi a najväčší počet bodov variant s najmenšími nárokmi (viď tab. 2).

2.1 Hodnotenie konštrukčného systému metódou viackriteriálnej optimalizácie

Vzhľadom na rozdielne poradie parametrov v rámci rozhodujúcich kritérií jednotlivých technologických variantov, ktorými sú doba výstavby a náklady, ako aj možnosť priberania ďalších kritérií do rozhodovacieho procesu, bola pre hodnotenie konštrukčných systémov zvolená jednoduchá viackriteriálna optimalizácia.

Za hodnotu kritérií bolo zvolené poradie jednotlivých variant, ktoré vyplynulo z predchádzajúcich analýz parametrov výstavby. Kritéria a ich váhy, ktoré boli zohľadňované pri možnosti výberu konštrukčného systému konkrétnej stavby, vyplynuli z konzultácií s dodávateľom a zhotoviteľom stavby, ktorí ich určili nasledovne: doba výstavby – váha kritéria 0,4; celkové náklady – váha kritéria 0,25; disponibilná plocha pre zariadenie staveniska (ZS) – váha kritéria 0,35.

Tab. 2 Výber variantu technológie výstavby metódou viackriteriálnej optimalizácie

Kritérium	váha	V1	V2	V3	V4	V5
Doba výstavby	0,4	1	2	4	3	5
Celkové náklady	0,25	4	1	5	2	3
Nároky na zariadenie staveniska	0,35	2	1	3	4	5
Vážený súčet		2,1	1,4	3,9	3,1	4,5
Poradie		4	5	2	3	1

Vzhľadom na nastavené kritériá a ich váhy (tab. 2), optimalizačná metóda jednoznačne určila ako najvhodnejší variant výstavby variant V5 - prefamonolitický „filigránový“ variant hrubej

stavby. Vzhľadom na umiestnenie stavby a teda obmedzený priestor vhodný pre zariadenie staveniska sa tento variant javí ako najvhodnejší. Najkratšia doba výstavby zároveň minimalizovala negatívny vplyv na štandard bývania obyvateľov, žijúcich v bezprostrednej blízkosti staveniska, v už postavených objektoch polyfunkčného centra, čo bolo tiež významným podnetom pre skrátenie doby výstavby.

3 ZÁVER

Simulácia rôznych konštrukčno-technologických variantov hrubej stavby, s rôznym podielom prefabrikácie, preukázala nesporné výhody uplatnenia tejto technológie. Podrobnou analýzou časových parametrov výstavby ako aj nákladov na jednotlivé varianty sa potvrdil potenciál v oblasti znižovania času výstavby a znižovania záťaže prostredia. Na druhej strane, prefabrikácia nie vždy prináša aj znižovanie nákladov na výstavbu, čo poukazuje na potrebu posudzovať vhodnosť riešenia individuálne pri každej stavbe. Ak ku hodnoteniu pre výber z viacerých variantov pribudnú aj ďalšie kritériá, je potrebné objektivizovať svoje rozhodnutia aj formou viackriteriálnej optimalizácie.

Príspevok predstavuje čiastkový výstup riešenia projektu VEGA 1/0840/11 „Multi-dimenzionálne prístupy podporujúce integrované navrhovanie a riadenie stavebných projektov“.

Použitá literatúra

1. CÁR, M. *Vybrané aspekty slovenského trhu s bývaním*. Biatec. 2012, roč. 20, č. 2, s. 12 – 17
2. Franz Oberndorfer GmbH & Co KG : Firemné materiály
3. KALEJA, P. *Potenciál prefabrikácie v stavebníctve*, Diplomová práca, SvF TUKE, 2012
4. Modern methods of house building, Postnote UK, 2003
5. Moderní prefabrikovaná výstavba. 2004, Praha, dostupné na internete:
<http://prefabrikovana-vystavba.fsv.cvut.cz/index.php>

Príspevok recenzoval: doc. Ing. Renáta Bašková, PhD.

Kontaktné údaje

prof. Ing. Mária Kozlovská, PhD., Ing. Marcela Spišáková, PhD.
Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta
Vysokoškolská 4, 042 00 Košice
Email: maria.kozlovska@tuke.sk, marcela.spisakova@tuke.sk
Ing. Pavol Kaleja
Hopedevelopment s.r.o., Východoslovenská železničná a.s.
Pri prachárni 11, 040 01 Košice

SOUČASNÉ PROBLÉMY PANELOVÝCH DOMŮ V ČESKÉ REPUBLICE

PRESENT PROBLEMS OF PRE-FABRICATED PANEL HOUSES IN CZECH REPUBLIC

Václav Venkrbec, Svatava Henková, David Čech, Martin Štěrbá

Abstrakt

V České republice i ostatních státech bývalé východní Evropy nastává problém další existence panelových sídlišť. Objekty stárnou, potřebují nutné opravy, jsou energeticky náročné. Současně se stávají v některých případech místem k bydlení sociálně vyloučených obyvatel. Je proto nutné řešit celkovou revitalizaci těchto sídlišť. Autor se svým výzkumem zaměřuje na problematiku revitalizací panelových domů a sídlišť v České republice.

Klíčová slova: *panelový dům, sídliště, revitalizace, recyklace, ochrana životního prostředí*

Abstract

In the Czech Republic and in other countries of Eastern Europe there is a problem of further existence of pre-fabricated panel housing estates. The buildings are getting older and they need necessary repairs because they are energy intensive. They also sometimes become a place of living of socially excluded people. Therefore, it is necessary to deal with a complete revitalisation of these housing estates. This article focuses on the issue of revitalisation of panel constructions and on the current state of panel houses in the Czech Republic.

Key words: *pre-fabricated panel house, housing estate, revitalization, recycling, environment protection*

1 NEJČASTĚJŠÍ PROBLÉMY OVLIVŇUJÍCÍ VELKÝ ROZMACH REVITALIZACÍ PANELOVÝCH DOMŮ

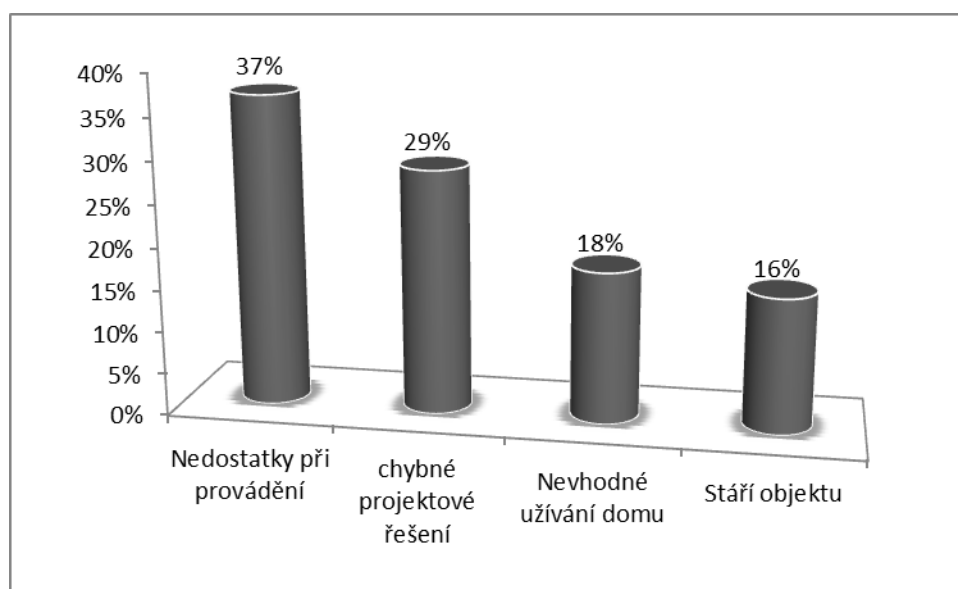
U panelových domů se v současné době vyskytuje mnoho problémů ovlivňující více či méně kulturu bydlení v těchto objektech. Hlavními problémy jsou:

- Nedostatečná tepelná izolace a z toho vyplývající velké tepelné ztráty (i přes snahu o vyhovující tepelné technické vlastnosti obalových konstrukcí při výstavbě – používání sendvičových panelů s tepelnou izolací)
- Mnoho tepelných mostů (hlavně v oblasti styku panelů mezi sebou a stropem)
- Použití dnes již nevyhovujících dřevěných oken, případně dřevěných lodžiových panelů
- Dalším problémem je dobrá schopnost betonu vést zvuk (navíc je většinou nášlapná vrstva přímo na stropní konstrukci)
- Použití málo kvalitních materiálů při výstavbě (například umakartová instalační jádra)

- Použití nevyhovujících materiálů například pro rozvody (například karcinogenní azbestocementové odpadní potrubí)
- Špatné provedení střešní konstrukce

2 NEJČASTĚJŠÍ FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ ZÁVADY NA PANELOVÝCH DOMECH

Závady na panelových domech byly a jsou ovlivňovány několika faktory, z nichž nejčastější jsem chybné projektové řešení a špatné provedení při výstavbě, dále nevhodné užívání domu a v neposlední řadě stáří domu. Tyto faktory se bezesporu podepsaly na kvalitě bydlení ve velkém množství panelových domů. V grafu č. 1 je znázorněno procentuální zastoupení nejčastějších faktorů ovlivňujících závady.



Graf č. 1: Nejčastější faktory ovlivňující závady na panelových domech

3 REVITALIZACE PANELOVÝCH DOMŮ A SÍDLIŠŤ

Rekonstrukce a revitalizace panelových domů a celých sídlišť by měli být řešeny komplexně, abychom se vyhnuli dalším úpravám během následujících několika let, což ovšem není současný trend. „Jako příklad bych uvedl výměnu radiátorů navržených pro nezateplený panelový dům, kdy by následně došlo po několika letech k zateplení objektu. Hodně lidí prosazuje názor, že se v panelových domech nedá dobře bydlet, avšak opak je pravdou. Dovolím si říct, že mnoho bytů v panelových domech není prostorově špatně řešeno a po smysluplné regeneraci dokáží poskytnout kvalitní bydlení. Samozřejmě nelze tyto byty porovnávat s panelovými byty v dalších státech Evropské Unie, což znázorňuje tabulka č. 1, ale co se týká revitalizací, tak bychom se měli ubírat podobným směrem.

	Česká republika	EU
Počet bytů na 1000 obyvatel	372	400-490
Užitná plocha bytu (m ²)	70,5	85-120
Průměrný počet místností	2,7	3,4-5,2

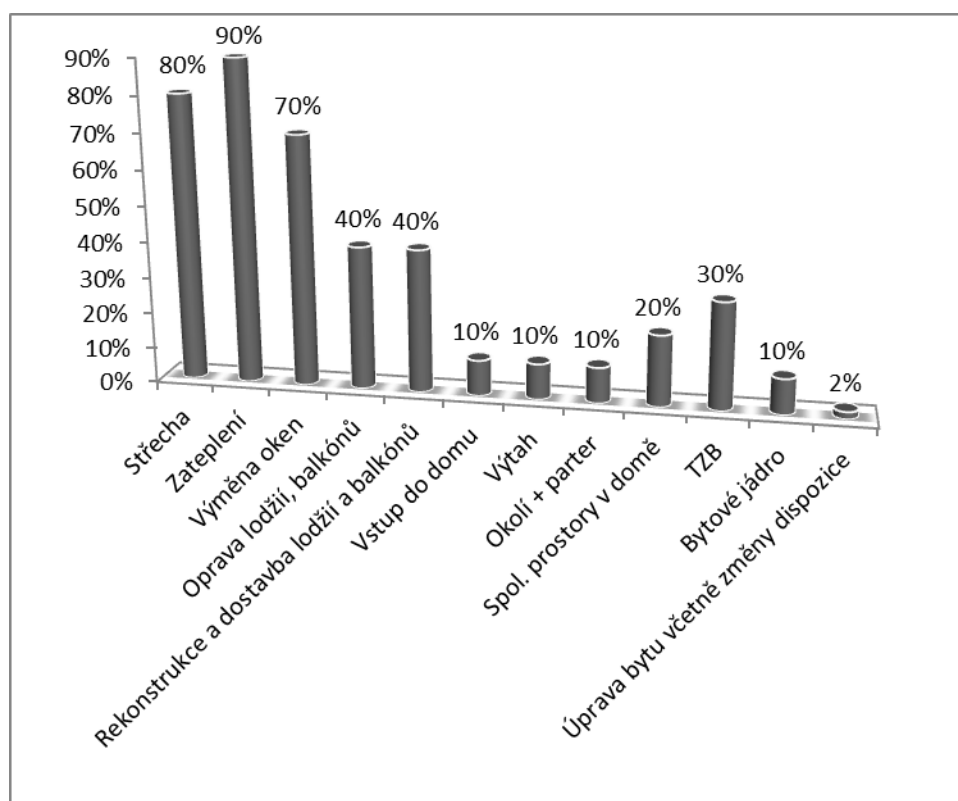
Tab. č. 1: Porovnání panelových bytů v ČR a EU.

3.1 Nejčastější typy úprav panelových domů

Jak již bylo řečeno výše, současný trend revitalizací panelových objektů není ideální, i přesto bych rád uvedl nejčastější typy revitalizací.

- Výměna rozvodů elektroinstalace původně provedené z hliníku za rozvody v mědi (staré hliníkové rozvody jsou mnohem náchylnější na vznik požáru)
- Výměna svislých a ležatých rozvodů teplé vody, studené vody a kanalizace (například potrubí zanesené vodním kamenem nebo zdravotně závadný materiál odpadního potrubí), zaizolování těchto rozvodů
- Výměna radiátorů
- Oprava statických vad (mnoho panelových domů má závažné statické vady, které je nutné opravit)
- Výměna oken (stará dřevěná okna jsou již netěsná a způsobují velké tepelné ztráty, případně jsou napadena hnilobou)
- Zateplení obvodového pláště (velké úspory tepla a zajištění pohody ve vnitřním prostředí budovy)
- Výměna meziokenních vložek (špatné vlastnosti, v podstatě stejné jako u starých dřevěných oken)
- Rekonstrukce a zateplení střešního pláště domu (důležité obzvlášť v případě zateplení fasády objektu)
- Výměna výtahů

Na následujícím grafu č. 2 je znázorněno procentuální zastoupení typů revitalizací z celkového počtu opravovaných domů.



Graf č. 2: Procentuální zastoupení jednotlivých typů revitalizací panelových domů v ČR.

3.2 Problémy spojené se současnými trendy v revitalizaci panelových domů

S neefektivní rekonstrukcí panelových domů je spojeno mnoho problému, které si lidé uvědomí většinou příliš pozdě a má to za následek opakované investice do rekonstrukcí, případně velmi malou návratnost investovaných financí. Mezi tyto problémy patří:

- U zateplené fasády se časem zjistí, že návratnost je vzhledem ke zdražování energií velmi mála (malé tloušťky tepelné izolace)
- Nedostatečná výměna vzduchu a s tím související zhoršená kvalita vnitřního prostředí (vznik plísní, narušení stavebních konstrukcí)
- Neefektivní využívání energie (velké tepelné ztráty například v rozvodech pro vytápění a teplou vodu)

3.3 Komplexní řešení revitalizací panelových domů

Velmi důležitým slovem pro revitalizace panelových domů je komplexnost. Současné trendy jsou velmi jednostranné, jde hlavně o to, ušetřit za spotřebu energií, ale opomíjí se otázka lepší kultury bydlení v panelových domech. Mnoho objektů je nevyužívaných a začíná chátrat, případně slouží jako prostor pro bydlení sociálně slabších rodin. Tyto objekty se dají mnohdy prohlásit v podstatě za neobyvatelné. Ani to však nemusí znamenat, že by bylo jediné východisko, kterým by byla demolice celého objektu a pozdější případná výstavba moderních domů. V tomhle směru bychom se měli ubírat podobným směrem jako třeba Německo. Nejdůležitějším faktorem komplexního řešení revitalizací vybydlených panelových domů by se mělo stát snížení počtu podlaží a také změny vnitřních dispozic bytů. I ze starého chátrajícího objektu se dá vytvořit kvalitní bydlení za použití nižších nákladů, než by tomu bylo v případě novostavby bytových domů spojené s demolicí stávajících objektů. Na

následujícím obrázku bych rád ukázal příklad komplexního řešení revitalizace panelového domu v Německu.



Obrázek č. 1: Objekt v Drážďanech, původní počet podlaží 6NP, sníženo na 4NP.

V tabulce č. 2 si můžete všimnout, jak výrazný je rozdíl v množství revitalizovaných panelových domů u nás a například v Německu.

	Česká republika	Německo
Počet bytů v panelových domech	1165000	4500000
Počet revitalizovaných bytů do roku 1992	0	500000
Počet revitalizovaných bytů do roku 2002	100000	3150000
Stav revitalizace panelových domů v roce 2005	10-20%	70%

Tab. č. 2: Porovnání revitalizací v České republice a v Německu.

Typy revitalizace, které by mohly vést ke zlepšení kultury bydlení v českých panelových domech:

- Běžné typy úprav používané v ČR dnes – snižování spotřeby energií
- Rozebrání několika podlaží objektu
- Demontáž lodžii či balkónů
- Změna půdorysu (například přístavby)
- Změna vnitřní dispozice bytu
- Změna vnějšího vzhledu objektu (atraktivnost bydlení)
- Změna okolí domu

3.4 Revitalizace panelových sídlišť jako celku

V předchozí části byla popsána komplexnost revitalizací panelových domů a jedním z uvedených bodů bylo rozebrání několika podlaží objektu, na což bych rád navázal touto

kapitolou článku, ve které se budu věnovat revitalizaci panelových sídlišť jako celku a s tím souvisejícím zvýšením atraktivnosti bydlení na takto upravených sídlištích. Důležitou informací je fakt, že budou probíhat za co nejnižší náklady. Důvodem tohoto faktu je použití recyklované stavební suti, která vznikne rozebráním několika podlaží objektů.

3.4.1 Podstata recyklace stavebních odpadů

V procesu recyklace jako celku by mělo jednoznačně platit, že kvalita a efektivita celého procesu recyklace závisí na kvalitě provedených demoličních prací a to hlavně na třídění materiálu z demolice přímo na místě. Stavební odpad není v mnoha případech až tak škodlivý, mnohem větší hrozbou pro životní prostředí je jeho množství a to, že se ve většině případů druhotně nevyužije. Ideální k tomuto účelu je použití mobilních recyklačních linek, které obsahují jak část drtící, tak třídící.

Proces recyklace se skládá z několika částí:

- Demolice (v tomto případě rozebrání několika podlaží)
- Předtřídění (odstranění viditelných cizorodých látek, zejména kontaminovaných, organických a podobně)
- Drcení
- Odstranění cizorodých látek (například železo)
- Třídění (výstupní frakce recyklátu)

3.4.2 Současný způsob nakládání se stavebními odpady

Ve většině případů nedochází k využití stavební suti a všechny odpad je odvezen na skládky, čímž dochází k nadměrnému zatěžování životního prostředí.

Současný trend výstavby i revitalizací vypadá následovně:

- Demolice stávajících objektů
- Veškerý materiál se odveze na skládky
- Přiveze se nový materiál
- Staví se

3.4.3 Způsob druhotného využití stavebního odpadu

Celá filozofie spočívá v tom, že předtím než začnu budovat něco nového, měl bych vědět, jak naložím s tím starým. Což znamená:

- Co nejméně odvážet
- Co nejméně ukládat na skládky
- Co nejméně vyrábět z nových surovin
- Co nejméně dovážet
- Co nejméně skladovat
- **Co nejvíce znovu zhodnotit**

Tento postup je vhodný jak z ekonomického, tak hlavně z ekologického hlediska. Roztříděná stavební suť by se v tomto případě druhotně využila pro potřeby zatraktivnění panelového sídliště.

V následujících několika bodech je popsán způsob využití:

- Zásypy výkopů
- Obsypy inženýrských sítí
- Vyrovnání terénu
- Podklad pro komunikace s nižším požadovaným zatížením

4 PLÁNOVANÝ POSTUP VÝZKUMU

Ve svém výzkumu bych se chtěl zaměřit na malá sídliště nacházející se v malých až středně velkých obcích v České republice, kde se nacházejí chátrající objekty panelových domů. V případě velkých panelových sídlišť je tento problém zatím nerealizovatelný. Hlavní součástí tohoto výzkumu bude zefektivnění revitalizací panelových sídlišť s ohledem na úspory energií, ochranu životního prostředí a snížení nákladů, spojených s úpravami těchto sídlišť.

5 ZÁVĚR

Závěrem je vhodné říct, že problematika revitalizace panelových domů je v současné době velmi důležitá. Životnost panelových domů se v případě špatného pečování o daný objekt pohybuje kolem padesáti let, tudíž je tento problém velmi aktuální. Vzhledem ke zvyšujícím se cenám za provoz je žádoucí tyto náklady snížit na minimum. V neposlední řadě bychom se měli také zamyslet nad ochranou životního prostředí, s čímž souvisí problematika recyklace odpadů.

Použitá literatura

1. ZARECOR, Kimberly Elman. *Manufacturing a socialist modernity: housing in Czechoslovakia, 1945-1960*. Pittsburgh, Pa.: University of Pittsburgh Press, c2011, 383 s. Series in Russian and East European studies. ISBN 08-229-4404-9.
2. Loukotka 2000, *Bytová politika: Současný stav a rozsah panelové bytové výstavby, Trendy v regeneraci panelových domů*, Ministerstvo pro místní rozvoj, Věstník, 1 – 2000, navštíveno 15. září 2012 <<http://www.obce.cz/mmr/vestniky/vestnik00-01/0001v02.htm>>.
3. ČECH, D.; ŠTĚRBA, M.; HENKOVÁ, S. REVITALISATION OF AGEING PREFABRICATED PANEL HOUSING ESTATES. *Journal of International Scientific Publications: Ecology & Safety*, 2012, roč. 6, č. 2, s. 194-210. ISSN: 1313- 2563.
4. Henková, S 1992, *Využití stavebního odpadu s ohledem na celkové řešení stavby*, Zborník prednášok z V. vedeckej konferencie Stavebnej fakulty TU v Košiciach: 8. Sekcia: Technológia a organizácia stavieb, pp.44–49, SvF TU Košice, Košice, Slovakia.
5. iSTAVinfo, navštíveno 15. září 2012, <http://www.istavinfo.cz/17/pdcnewsitem/01/50/57/index_17.html>.

Kontaktní údaje

Ing. Václav Venkrbec
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební
Veveří 331/95, 602 00 Brno
Tel: 4420 54114 7991
email: venkrbec.v@fce.vutbr.cz

Ing. Svatava Henková, CSc.
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební
Veveří 331/95, 602 00 Brno
Tel: 541 147 462
email: henkova.s@fce.vutbr.cz

Ing. David Čech
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební
Veveří 331/95, 602 00 Brno
Tel: 541 147 991
email: cech.d@fce.vutbr.cz

Ing. Martin Štěřba
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební
Veveří 331/95, 602 00 Brno
Tel: 541 147 991
email: sterba.m@fce.vutbr.cz

LEVEL OF AUTOMATION AND ROBOTICS TECHNOLOGIES IMPLEMENTATION IN ON-SITE CONSTRUCTION

ÚROVEŇ ZAVÁDZANIA AUTOMATIZAČNÝCH A ROBOTIZAČNÝCH TECHNOLOGIÍ PRI REALIZÁCII STAVEBNÝCH PRÁC

Zuzana Struková, Matej Líška

Abstract

The implementation of innovative technologies in construction such as automation and robotics has the potential to improve the industry in terms of increased productivity, safety and quality. The paper mentions the benefits of automation and robotics technologies application in on-site construction process and briefly gathers the factors that form barriers to greater use of the technologies in the sites. There are analyzed the results of the survey intended on assignation of the level of automation and robotics technologies implementation in construction works practice by Slovak contractors. The questionnaire developed within the survey has highlighted some important points regarding the current usage of automation and robotics in the construction industry within the Slovakia territory and some implications related to future movements in this scope within the country.

Key words: *on-site construction, construction process, automation, robotics*

Abstrakt

Zavádzanie inovatívnych automatizačných a robotizačných technológií v procese výstavby je jedným z predpokladov zlepšovania stavebnej výroby, najmä z pohľadu zvýšenia produktivity, bezpečnosti a kvality. Predkladaný príspevok poukazuje na prínosy plynúce z uplatňovania automatizačných a robotizačných technológií pri realizácii stavebných prác a stručne uvádza niekoľko faktorov, ktoré sťažujú zavádzanie týchto technológií v stavebnej praxi. V príspevku sú analyzované výsledky prieskumu zameraného na vymedzenie rozsahu automatizácie a robotizácie stavebných prác uskutočňovaných slovenskými stavebnými firmami. Prieskum formou dotazníka objasnil niekoľko významných ukazovateľov v súvislosti so súčasným trendom vo využívaní automatizačných a robotizačných systémov na našich staveniskách a poukázal na aspekty zväčšenia rozsahu uplatňovania automatizácie a robotizácie stavebných prác v blízkej budúcnosti.

Kľúčové slová: *realizácia stavebných prác, proces výstavby, automatizácia, robotizácia*

1 INTRODUCTION

In construction, the scope for automation and robotics technologies implementation can be fairly broad, including all stages of the construction life-cycle, from the initial design, through construction of the building on site and building maintenance or control after the building has been completed to the eventual dismantling or demolition of the building. This would encompass the use of automation and robotics technologies in all stages of construction, from the automation of the design process through the use of Computer Aided Design, the

production of cost estimates, construction schedules and project management through the use of costing and planning software to actual ingenious machines that use intelligent control during on-site operations. The degree of automation and robotics systems implementation in construction varies significantly from one construction phase to another. Readily, automation of design through the use of CAD is highly commonplace nowadays, unlike the use of automation systems or robots for on-site operations.

The most significant benefits of robotics and automation systems application in construction industry are [1]: enhancing productivity and work efficiency with reduced costs, solid quality with higher accuracy than that provided by skilled workers, occupational safety enhancement for workers and better safety for the public by deploying machines for dangerous works, work environment conditions improvement in that common manual work is reduced to a minimum, the workers are discharged from uncomfortable work positions, etc.

2 AUTOMATION AND ROBOTICS OF ON-SITE CONSTRUCTION PROCESSES

The construction of any building includes different stages of construction processes from earthworks, through construction of structure (concreting, frames assembly, walling ...) to finishing works. Traditionally, the applied construction technologies within these stages are known as labour intensive and conducted in various dangerous situations. Moreover, problems relating to instability of labour force supply and the increasing labour costs are surfacing in the construction industry. It is desirable to lower the level of labour force dependence and increase efficiency by applying a specialized automation in construction sites. Hence, several researchers have intensively searched for suitable ways to introduce automation and robotics into construction sites.

As to the range of automation and robotics applications in construction sites, construction robots and automation include three categories: *enhancement to existing construction plants and equipments*, *task specific robots*, and *intelligent or cognitive machines* [2]. Enhancement to existing construction plants and equipments can be realised through the attachment of sensors and navigational aids, so as to provide improved feedback to the operative. Once the machine is placed in position in front of its work area, digging and placing of spoil can be done automatically through the addition of sensors and controls that enables program-controlled operation. Laser controls and ultrasound is commonly used. Task specific, dedicated robots, mostly developed in Japan, generally work under tele-operation or program control. The robots perform a specific, well defined task, but adaptation to other tasks is generally not possible. They are commonly used within a specific area of the construction process. There are several examples and can be divided into these categories: robots for structural work (e.g. concrete placing, steelwork lifting and positioning, ...), robots for finishing or completion work (e.g. exterior wall spraying, wall or ceiling panel handling and positioning, ...), robots for inspection works (e.g. external wall inspection) and robot for maintenance work (e.g. window and floor cleaning). Intelligent or cognitive machines present the least developed category, most are still under research. It is likely that if the machines of this type were developed, it would be a convergence of the technologies from two categories described above.

In Europe [3], most of the research efforts in the UK have predominantly been in the universities, with Reading (design for automation), Imperial College (simulation of jointing), City (masonry laying), Lancaster (excavation), Portsmouth (wall climbing) and the West of England (wall climbing) active to varying degrees. German efforts are mostly on enhancement to plants and equipments used in concreting. At the Robotics Lab in Spain, the

research and development activities in the field of automation and robotics in construction industry started in the early 1990s. Several industrial projects related to the automation of pre-fabrication of glass-fibre reinforced concrete parts manufacturing were developed, dealing with the robotic spraying of panels and the optimization and rationalization of the whole factory, involving panel transport and storage. Other recent research that has taken place in Europe includes the control system for a semi-automatic façade cleaning robot and user oriented interactive building design in Spain.

2.1 Implementation of construction processes automation and robotics

Automation and robotics of construction processes has various advantages that help the implementation of these systems [4]. Some of these advantages are:

- *less dependency on direct labour* – fewer problems related to quality and the repetitiveness of work carried out, as well as costs may be reduced by reducing labour, whereas less operators are needed for the automated system;
- *productivity increase* – besides the speed of production increasing the productivity is improved by disengaging the operation of the limitations of the human factor;
- *quality increase* – operations with automated and robotized systems are typically carried out with less variability than human workers;
- *occupational safety increase* – the automated systems may carry out their work in dangerous zones for humans, this makes it possible to reduce labour injuries;
- *greater control over the productive process* – problems may be detected in an easier way as each stage of the process is controlled in order to verify the correct functioning of the system and the result of each one;
- *greater control over the final result of the process* – the final result may be controlled in a more efficient way by controlling the result of each step of the aforementioned process.

2.2 The factors that make difficult for automation and robotics systems implementation in the construction sites

The barriers to construction automation and robotics are major for on-site construction when comparing to other construction phases. Use of automation technology in design and planning management of construction projects is preferred. Automation technologies such as software used in these early stages of construction to improve efficiency are noticeably cheaper and readily available compared to automation and robotics technologies used in on-site operation.

One of the main obstacles for robotics implementation within the sites is the variability of construction processes and the variable conditions of construction environment. Unlike other industries, in the construction the form of processes execution may vary significantly between two different construction sites. Executing the same operation in different construction sites depends on various factors that influence its possible automation. The difference of the materials employed in the execution of an identical process implies the use of tools adequate for each material. The processes that form a constructive activity relates on the type of material and the tools used. The process flow may vary for the same activity if one of these two elements varies. The complexity of the installations for automation due the very low level of standardization is obvious.

An automated construction site can face more difficulties, such as technological and economical. The technological barriers are that a robot must cope with the complexity of the construction process implying a very dynamic and naturally evolving site, together with the need for performing multiple tasks with differing characteristics. With reference to [5 and 6] the barriers to the implementation of automation and robotics in construction sites may be

outlined into these groups: economic and cost, structure and organisation of the construction industry, features of construction product and work processes (mainly uniqueness and complexity), technology (the nature of the construction work processes itself), and culture and human factor. These categories may be presented mainly by:

- high investments are needed to incorporate the technologies,
- the work place is not static, construction sites are too much dynamic and unstructured, construction methods can be too complicated for robots and need for more mobile robots for transport and lifting of heavy components,
- there are frequent changes or advances in automated technologies and users have difficulty in keeping up with the changes,
- construction sites are usually unique and do not present the same set of problems; construction is a diverse industry and must to cope with an almost unique set of circumstances on each project and site,
- temporary works and weather impact is substantial, etc.

3 THE SURVEY OF AUTOMATION AND ROBOTICS SYSTEMS USE BY SLOVAK CONTRACTORS - METHODOLOGY AND RESULTS

In order to ascertain the present level of automation and robotics technologies implementation among Slovak building contractors, the analysis of the data collected in the survey was made. It was accomplished through the questionnaire survey, so the information on the use of automation and robotics technologies by the sample group is obtained. The type chosen was a closed questionnaire, several potential responses were ready entered, and respondents were requested to choose one or more responses. In order to avoid rigidity of available responses, an “other” and “specify please” was included in the choice of answers in some cases of questions.

There were 66 responses out of the 300 questionnaires sent out, which translates to a response rate of 22%. The respondents were given the option of responding through web application, the questionnaire was unpretending, designed to be as user-friendly as possible, respondents were required to scroll down, click and point to select the appropriate responses for each question. The web application reference was sent to construction enterprises from all around the country. It was sent with an accompanying letter introducing the investigation, brief stating the background and objectives of it and with confidentiality statement.

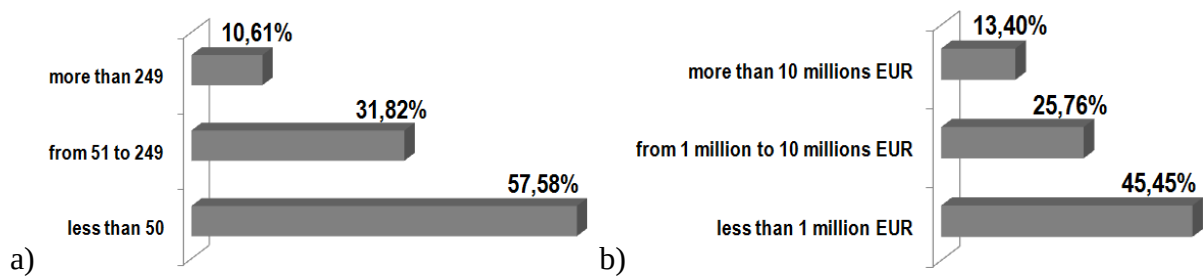
The first five questions were developed to reach the background information regarding the questionnaire participants, including number of full time staff, gross annual revenue, length of the company practice in the Slovak construction market, type of construction processes which they have operated and countries where they have participated in construction projects.

The responses on the question (Graph 1a) related to the number of the staff could at first sight designate that “only” small and medium companies (89,4% together) have provided the answers in the investigation. This flows from the organizational structure of the Slovak construction industry, where from around ten thousand enterprises, only twenty-two are the companies with more than 249 employees. So the satisfying fact is that almost a third of big enterprises existing in the Slovak construction market has participated the survey.

As illustrated in the bar chart bellow (Graph 1b), the gross annual revenue of the majority of the respondents (45,45%) is less than 1 million EUR. Although not all the respondents have answered this question (approximately 15 % not answered), their questionnaires were included to evaluation as the goal of the survey was to obtain information about usage of automation and robotics technologies in the sites and this question was just one from

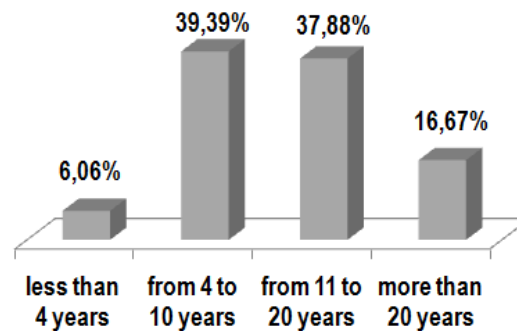
“additional” questions aiming to recognize the profile of respondents. On the other hand, this information could be substantial in consideration about automation and robotics implementation within the company works. It is well known that the construction industry is indeed price sensitive towards automation and robotics technologies application. The costs usually present a significant factor in deciding on technologies implementation. Consideration regarding the costs involves not only buying costs, but also the technologies maintenance costs and level of efficiency and productivity enhancement. The bigger companies (especially those with more branch offices) usually have the monetary capacity to acquire the technology, they can afford it (the buying costs, the costs of updating) as their profit base is much greater compared to a smaller company. They may even get return for the technology acquired if it is used many times.

Graph 1: a) The number of full time staff in the company, b) The gross annual revenue



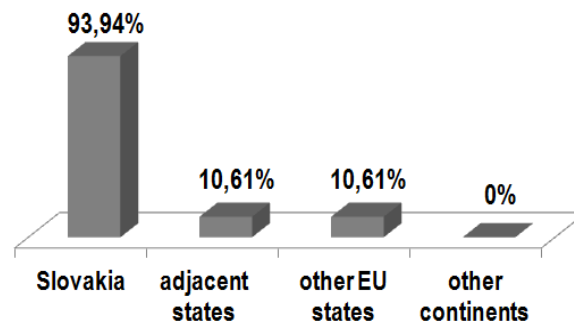
The responses on the question related to the length of the company practice in the Slovak construction industry market (Graph 2) indicate that most respondents are not absolute beginner in the market but they were developed after the period of socio-economical changes in the country related to the year 1989.

Graph 2: The length of the company practice



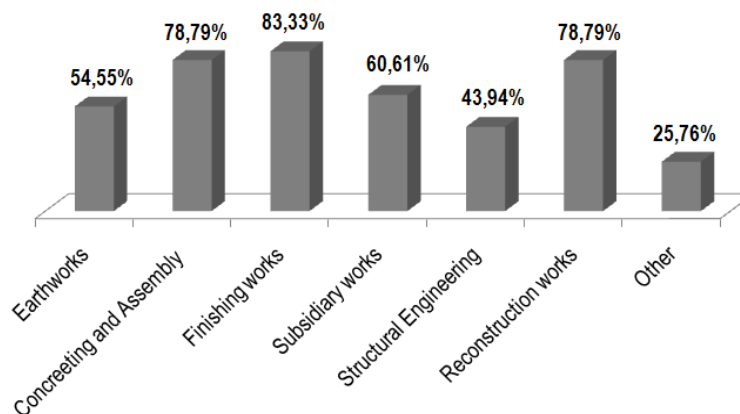
The majority of the companies involved in the survey (Graph 3) participate as contractor or subcontractor exclusively in construction projects within the Slovak territory. Let us assume that the companies that operate internationally on a global scale should more use automation and robotics technologies compared to those operating only locally. If a company would be successful in global market sharing and thus must compete with companies from all over the world, taking up of innovative technologies is almost inevitable. Moreover, the company sharing not only local market can afford to acquire the technologies, as it gains economies of scale by using it repetitively throughout its numerous construction projects. However, transporting of a piece of big high-tech equipment between projects can be expensive. That should not be a problem, if the automation or robotics technology is of relatively small size and mobile.

Graph 3: The countries in which the companies have participated in construction projects



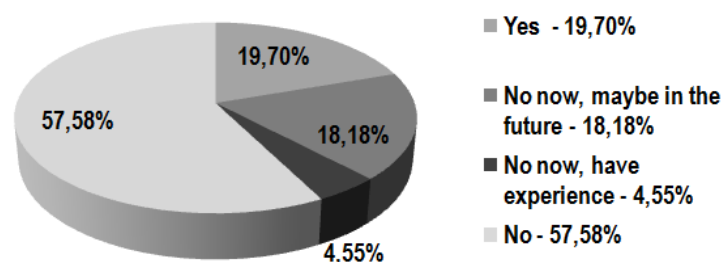
In the bar chart below (Graph 4) is presented the type of construction works that the companies usually execute in the sites. Naturally, the respondents could choose more than one option. Following the results, we can state that a great number of the enterprises included in the survey usually perform almost all the construction works typical for most construction project.

Graph 4: Type of construction works executed by the company



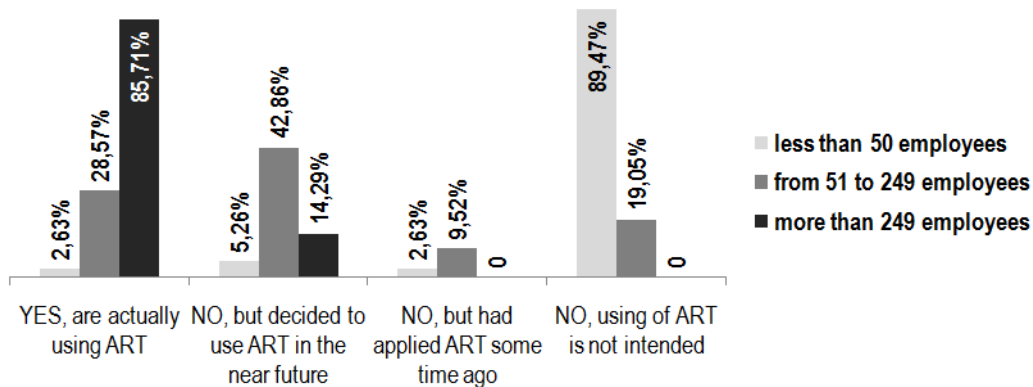
The most essential question of the survey (Graph 5) divided the respondents into two main groups. In the first group are the companies that are actually using some automation and robotics technologies during construction works (marked as „YES“). However, many more companies came under the second group, as they noticed that they: i) are not using any automation and robotics technologies and are not decided to use it in the near future (marked as „NO“); ii) are not actually using any automation and robotics technologies, but they had applied it some years ago (marked as „NO NOW, HAVE EXPERIENCE“) and iii) are not actually using any automation and robotics technologies, but they are resolved to implement it in the near future (marked as „NO NOW, MAYBE IN THE FUTURE“). More than seventy percents of respondents have never used any automation and robotics technology.

Graph 5: Usage of automation and robotics technologies in on-site construction



In order to confirm the hypothesis that larger companies operating on a global scale use the automation and robotics technologies (ART) more when comparing to small companies, the relation between the company size (relating to the number of employees) and the usage of automation and robotics technologies in on site construction is presented in the Graph 6. As expected, the majority of large enterprises implemented automation and robotics in its operation in the site whereas the technologies usage in small companies is not in contemplation ever. This probably relates with low awareness of automation and robotics benefits within small enterprises owners.

Graph 6: Relation between the size of the company and the usage of automation and robotics technology



The following question (Tab.1) was answered only by respondents which in the past question introduced that they have never used any automation and robotics technologies (“No” and “No now, maybe in the future”, together 75,76% respondents). They were requested to specify the barriers that discourage them to apply some innovative automation and robotics technology in the practice. Naturally, the respondents could indicate more than one from offered answers. The results indicate that respondents find costs of the technologies (74%) and low availability (68%) as the main hindrance to adopting these technologies in their companies. The one third of respondents (33%) is of the opinion that the automation and robotics technologies could not involve higher effects of their operation in the sites. Acceptance by the workers and by the company management (6%) is not seen as very significant in creating barriers to implementation.

Tab.1: The barriers discouraging the contractors to implement the automation and robotics technologies

missing information (low awareness)	22 %
high acquiring, maintenance and updating costs	74 %
incompatibility with current practices and construction operations	40 %
difficult to use and not easily understood (low technology literacy)	21 %
unavailable locally (difficult to acquire)	68 %
not accepted by workers and by the management (untrustworthy)	6 %
no effective to use	33 %
other	12 %

Some automation and robotics technologies intended on on-site application are not easily understood. The barriers to use these technologies may be psychological as well, people do not want to use something what they do not understand and many people think that the technologies are difficult to use. Moreover, most contractors are confident that automation suit to repetitive and standardized work processes or areas where standard components are used, best in prefabrication constructions.

In order to recognize the usage area (Tab.2) and the reasons of usage (Tab.3), only the respondents, which introduced in the most determining question that they are actually using or some time ago have applied the automation and robotics technologies, were in ongoing questions requested to designate the types of construction works in which they apply it and the reasons or benefits that encourage them to use it.

Tab.2: The usage area of automation and robotics technologies in on-site construction

Earthworks	62,5 %
Concreting	43,8 %
Assembly works	31,3 %
Subsidiary works	12,5 %
Finishing works	37,5 %
Structural Engineering	37,5 %
Reconstruction works	6,25 %

Tab.3: The benefits of automation and robotics technologies implementation in on-site construction

The finance saving	75,0 %
Less human labour	93,8 %
Higher productivity - the time saving	56,3 %
Quality increase	31,3 %
Occupational safety improvement	25,0 %
Less material disposal	25,0 %
Higher construction steadiness	62,5 %

All the respondents in the survey were also invited to enjoy the chance to take their opinion (stand point) to the future trends and opportunities of construction automation and robotics in general, regardless of their position in the technologies using in the practice. There was the list of statements on future trends and opportunities for the implementation of construction automation and robotics technologies in our country that the participants could agree or disagree to. The automation and robotics users as well as these who have never tried to use these systems could denote just one from proposed statements that in the best way represent their own opinion in terms of increased use of automation and robotics systems within on-site construction process. Most statements were deduced from findings of similar investigations on this topic made by foreign researchers [1, 4 and 7]. In the Tab. 4 is presented how many percents of respondents appropriated the different statements on the future using of automation and robotics in construction and denoted the statements as the most accurate for ongoing ten years.

Tab.4 Statements on future trends of construction automation and robotics implementation in construction processes execution

There will be a significantly greater scale of automation and robotics technologies available for use in on-site construction process and will be many more easier to install and operate in the sites	16,67 %
The automation and robotics systems will be more easily available across the country	1,52 %
The range of construction enterprises using automation and robotics technologies will increase significantly in the coming ten years	10,61 %
The using of automation and robotics technologies will provide companies to operate more efficiently and competitively in the industry	60,61 %
There will be greater awareness of automation and robotics technologies within the construction industry community	3,03 %
The automation and robotics technologies will be more affordable from buying, maintenance and updating costs point of view (also for small construction subjects)	6,06 %

The automation and robotics technologies will be readily accepted by the workers and the companies managers or owners

1,52 %

From the Tab. 4 is evident that the big mass of construction contractors participated in the survey (61,61%) is confident that the implementation of automation and construction in the company operation within the sites could raise its competitiveness and the companies could operate with higher effects all at once. On the contrary, only few of respondents correspond with the statements related to prompt acceptance of automation and robotics technologies by construction workers and managers and they do not suspect that the automation and robotics systems will be more easily available across the country in ongoing years.

4 CONCLUSION

In the paper are mostly analyzed the results of the survey intended on assignation of the level of automation and robotics technologies implementation in construction works operation by Slovak contractors. The questionnaire developed within the survey has highlighted some important points regarding the implementation of automation and robotics in the construction industry within the Slovakia territory and some implications related to future movements in this scope within the country.

As regards the Slovak construction industry, it can be concluded that the usage of automation and robotics in on-site construction works is low. It is expected that the automation usage in the design and scheduling or other planning is higher compared to on-site operation. From the survey resulted that only approximately one fifth of construction contractors currently use the automation and robotics systems in their operation in the sites, although the systems application could admittedly bring many benefits not only to the very company but also to the society, as a whole. The significant barriers to implementation are presented by high acquiring, maintenance and updating costs and by low availability in our construction industry conditions. The greatest barrier may be overcome through the widening of the construction companies operating market, to enable them to gain the economies of scale through the repetitive use of the technologies and also by encouraging more repetitive and structured work processes.

All the same, many notable foreign researchers [2] expect that it is unlikely that there will be improvements in the near future in terms of affordability and availability of automation and robotics technologies. According to them the improvements might be seen in other areas of construction such as design rather than in on-site applications. It is unlikely that the technologies development and increased range of use and flexibility would refer to on-site technologies. But an area relevant to on-site construction could be in the development of modular building designs that fully use off-site prefabrication, transport and assembly in the site.

The article presents a partial result of project VEGA nr. 1/0840/11 Multi-dimensional approaches supporting integrated design and delivery of construction projects.

References

1. ELATTAR, S.M.S. Automation and robotics in construction: opportunities and challenges. *Emirates Journal for Engineering Research*, 2008, Vol. 13 (2), p. 21 – 26.
2. *International Association of Automation and Robotics in Construction*, iaarc.org homepage, available at: <http://www.iaarc.org>

3. NGO, T.D., SCHIOLER, H. A Truly Autonomous Robotic System through Self-Maintained Energy. In: *Proceedings of the 23rd International Symposium on Automation and Robotics in Construction*. Tokyo: 2006. p. 834-839
4. MARTINEZ, S. et al. Robotized lean assembly in the building industry. In: *Proceedings of the 25th International Symposium on Automation and Robotics in Construction*. Vilnius: 2008. p. 195-201.
5. HEWITT, M.M., GAMBATESE, J.A. Automation Consideration During Project Design. In: *Proceedings of International Symposium on Automation and Robotics in Construction*. Washington D.C.: 2002.
6. *Partnership for Advancing Housing Technology, Emerging Scanning Results: Construction Robotics*, available at: <http://www.pathnet.org/sp.asp?id=7542>.
7. MAHBUB, R. *An investigation into the barriers to the implementation of automation and robotics technologies in the construction industry*. Thesis. School of Urban Development, Faculty of Built Environment and Engineering Queensland University of Technology, 2008.

Reviewer: prof. Ing. Mária Kozlovská, PhD.

Contact

Ing. Zuzana Struková, PhD.

Ing. Matej Líška

Technical University of Košice, Faculty of Civil Engineering

Vysokoškolská 4, 042 00 Košice

email: zuzana.strukova@tuke.sk

INTEGRÁCIA PROGRESÍVNYCH METÓD PROJEKTOVANIA VO FÁZACH NÁVRHU STAVIEB

PROGRSSIVE INTEGRATION METHODS OF BUILDING DESIG PHASES

Tibor Šoltés

Abstrakt

Stavebný priemysel v súčasnej dobe bojuje proti neefektívnosti v stavebnej činnosti, ktorú spôsobuje najmä nedodržanie časového plánu a rozpočtu. Aj vďaka absentujúcim inováciám v stavebnej príprave je stavebný priemysel dlhodobo v recesii. Stavebná príprava a spôsob riadenia projektu sa v súčasnosti stávajú prioritou číslo jeden. Hľadá sa trvalo udržateľný systém, ktorý by spĺňal náročné podmienky návrhu a dodávky projektu. Proces prípravy prechádza reštrukturalizáciou a hlavný nástroj - informačný model budovy (BIM – Building Information Model) sa javí ako záplata na nízku efektívnosť. V súčasnosti prebieha niekoľko globálnych výskumov na túto tému. Na americkom kontinente, je to prostredníctvom Amerického inštitútu architektov (AIA), kde princíp konceptu riadenia projektu je známy ako integrovaná dodávka projektu (IPD - Integrated Project Delivery). Na európskom kontinente Medzinárodná rada pre výskum a inovácie v stavebníctve (CIB), rozvíja globálne túto tému ako integrovaný návrh a dodanie riešenia (IDDS – Integrated Design and Delivery Solution). Ako všetky nové prístupy, aj tieto majú v počiatočných fázach isté obmedzenia ich použitia.

Kľúčová slova: integrácia,model, projektovanie

Abstract

The construction industry is currently ineffective in construction activity, due to broken schedule and budget. There is lack of innovations in the preparation of the building construction industry. Construction preparation and administration of the project is now becoming the highest priority. Industry looking for sustainable system solution that would meet the demanding conditions of design and project delivery. The preparation process of undergoing a major restructuring of the tool information model (BIM - Building Information Model) appears as a patch to the low efficiency. Currently, ongoing several global research on this topic. On the American continent, it is through the American Institute of Architects (AIA), where the concept of project management principle is known as Integrated Project Delivery (IPD - Integrated Project Delivery). On the European continent by the International Council for Research and Innovation in Building (CIB), develops this theme as a global integrated design and delivery solutions (IDDS - Integrated Design and Delivery Solutions). As with all new approaches, and these are in the early stages of some restrictions on its use.

Key words: integration, model, design

1 INFORMAČNÝ MODEL BUDOVY

BIM - Informačný model budovy je definovaný ako vytváranie a používanie konzistentných informácií v návrhu parametrickej konštrukcie, čo umožňuje generovanie výkresovej dokumentácie plánovanie hospodárnosti a nákladov budov. Model je možné použiť v celom procese návrhu a výstavby. [1]

Pen State Research Group [2] definuje informačné modelovanie budovy ako proces projektovania, analýzy a integrácie informácií do dokumentácie, v celom životnom cykle budovy, ktorý rozvíja inteligentný virtuálny prototyp budovy na základe informácií. Je to nástroj, kde stavebné informácie sú ako vstup uložené v databáze cez modelovacie rozhranie. Informácie a model sú potom využívané pre tvorbu rôznych analýz.

Štúdie v USA, Škandinávskych krajinách a vo Veľkej Británii naznačujú že:

- cca 30% stavebných konštrukcií v projekte si vyžaduje prepracovať návrh,
- spolupráca sa využíva iba na 40-60%,
- minimálne 10% materiálu tvorí odpad.

Tradičné metódy projektovania jednoznačne neriešia tieto problémy popisované v štúdií. Existujúce projektové riešenia sa spoliehajú na stavebné výkresy. Dokumentácia konštrukcií je odovzdávaná na veľkom množstve samostatných výkresov či dokumentov. Dokumenty neobsahujú potrebné informácie pre efektívne hodnotenie návrhu, ako sú súťažné podklady, vlastnosti materiálov, harmonogramy, cenníky, zoznamy, štítky. Takýmto spôsobom sa systém degraduje už pri získavaní zákazok, keďže nie je schopný rýchlo, kvalitne a hlavne presne reagovať na aktuálnu výzvu. Naopak BIM tvorí úložisko dát pre stavebné konštrukcie, obsahuje v sebe všetky stavebné informácie obsiahnuté v centrálnom modeli, odkiaľ je možno ich vysoko efektívne zdieľať so všetkými zúčastnenými stranami. Naplno získava táto metóda efekt pri prijatí aj integrovaných princípov dodávky projektov, ako je napríklad integrovaná dodávka projektu.

Kľúčový rozdiel medzi BIM a CAD je, že tradičné CAD systémy používajú viacero oddelených, obyčajne 2D výkresov, ktoré reprezentujú budovu. Pretože tieto dokumenty boli vytvárané oddelene, nie je medzi nimi korelácia alebo inteligentné prepojenie. Stena v pôdoryse je reprezentovaná dvoma rovnobežnými čiarami a bez prepojenia na rez. Možnosť nekoordinovaných výkresov je tak vysoká. BIM zastáva opačný prístup. BIM zhromažďuje všetky informácie na jednom mieste a prepája dáta, ktoré sa pohybujú medzi priradenými objektmi. BIM model je centralizovaná databáza. Všetky dáta sú na sebe závislé. [3] Informačný model budovy vychádza z možností parametrickeho modelovania. Vďaka čomu je možné vytvárať ďalšie rozmery projektovania.

1.1 Parametrické modelovanie

Parametrické modelovanie bolo pôvodne vyvinuté v roku 1980 pre výrobný priemysel. Parametre chápeme ako pravidlá geometrie a niektoré negeometrické vlastnosti a funkcie. Parametre môžu byť hodnoty, ktoré sa vzťahujú k iným objektom, čo umožňuje automatickú synchronizáciu objektov podľa iných naviazaných konštrukcií.

Parametre umožňujú modelovanie aj zložitých konštrukcií, ktoré do teraz nebolo možné alebo nepraktické. Parametrický objekt možno charakterizovať nasledovne [4]:

- Skladá sa z geometricky definovaných údajov a pravidiel.
- Parametrické pravidlá automaticky upravujú súvisiace geometrie po vložení do modelu budovy, alebo keď dochádza k zmenám súvisiacich objektov. Napríklad dvere sa automaticky prispôbia stene, stena sa prispôbuje stropu atď.

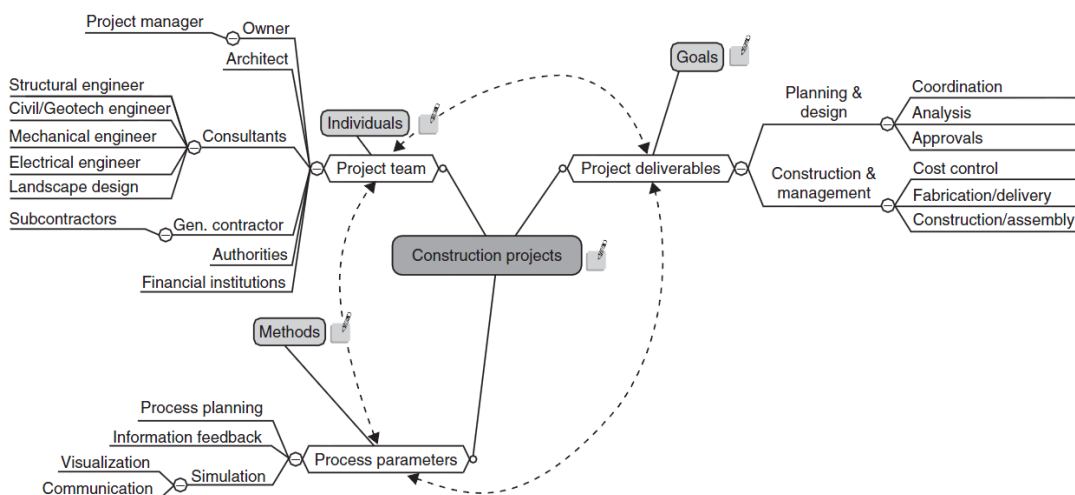
- Objekty môžu byť definované na rôznych úrovniach agregácie tak, že stena sa definuje podľa jej súčastí, to znamená ak zmeníme hmotnosť súčasti steny zmení sa aj hmotnosť celej steny.
- Elementy môžu mať priamo definované pravidlá pokiaľ ide o veľkosť, výrobitelnosť, atď.
- Objekty majú schopnosť spájať alebo prijímať, vysielat' a exportovať zostavy atribútov napríklad materiálovú štruktúru, akustické informácie, energetické informácie do iných aplikácií a modelov a pod..

1.2 Koordinácia v prostredí BIM

Veľkou výhodou BIM nástrojov je spolupráca, pričom nejde o žiadny nový pojem, veď je to jeden zo základných kameňov fungovania spoločnosti. Napriek tomu, navrhovaná spolupráca alebo kolaborácia vo virtuálnom prostredí je relatívne novým javom na poli stavebného priemyslu.

Tímová spolupráca je rozhodujúcim faktorom znižovania rizík projektu. Spolupráca je založená na predpoklade, že všetci členovia tímu pracujú na rovnakom projekte, s rovnakými cieľmi, na podporu investora. Je zodpovednosťou každého aby rešpektoval tieto ciele a v prípade nutnosti získal pomoc od ostatných členov tímu k riešeniu konkrétnych problémov, ktoré majú vplyv na schopnosti celého tímu. Dobrá komunikácia a riadne zmluvné vzťahy medzi všetkými členmi tímu sú nevyhnutné aspekty spolupráce.

Základom spolupráce v prostredí BIM je tvorba tímu, zloženie tímu, schopnosti, prednosti a slabé stránky tímu. Schopnosti tímu majú buď priamo členovia tímu, teda projektoví inžinieri, profesisti, dodávatelia alebo subdodávatelia, alebo ak je to potrebné môžu byť zazmluvnení konzultanti, ktorí inak nie sú členmi projektového tímu. Členovia tímu musia chápať, že BIM nie je o modely ale o porozumení, ktorého výsledkom je modelovací proces. Iba v prípade interného chápania projektu je tímová práca efektívna, inými slovami externý člen aj napriek tomu, že chápe svoju úlohu pre projekt, nie je jeho chápanie k dispozícii tímu. Interakcie medzi členmi tímu sú potrebné pre rozvoj tímu. [5]



obr. 1. Sieťové rozdelenie tímu

V minulosti sa spolupráca v oblasti projektového manažmentu obmedzovala na výmenu 2D výkresových súborov. Čo je časovo neefektívny proces a pri rozdielnom formáte dochádza

k problémom s kompatibilitou. Možnosťou pri klasickom CAD projektovaní je *Xref* dokumentu, ktorý zabezpečí aktualizáciu základného súboru 2D alebo 3D vektorovej grafiky medzi viacerými účastníkmi. Tento spôsob má však svoje limity v používaní. Takéto neflexibilné praktiky výmeny dát často krát prevládajú dodnes. Prevrat nastal až príchodom technológie informačného modelu budovy a rýchlosťou nelimitovaných sietí.

Dôležitými aspektmi na poli synchronizácie dát a špeciálne projektov, sú tri hlavné stratégie:

- spoločný jazyk
- priame rozhranie
- jednotná platforma

Industry Foundation Classes (IFC) umožňujú výmenu inteligentných dát medzi architektúrou a downstreamovými aplikáciami založenými na STEP aplikačnom protokole. IFC je otvorený súborový formát, ktorý bol poskytnutý ako možný BIM štandard interoperability. Výhoda je v možnosti prenášať informácie medzi modelmi, ktoré boli vytvorené v odlišných BIM softwarových nástrojoch. [3]

Cieľom „spoločného jazyka“ je poskytnúť univerzálnu komunikačnú platformu pre spoluprácu. IFC funguje ako vstavaný slovník inteligentných stavebných prvkov, ktoré slúžia na prevod modelov medzi aplikáciami.

Stratégie priameho rozhrania umožňujú tvorbu premostení medzi výrobcami softwaru, využitím API - Application Programming Interface. Stratégie jednotnej platformy prezentujú riešenia, v ktorých sa producent softwaru zameria na každý segment trhu vlastným konštrukčným riešením v balíku.

Spoluprácu účastníkov v BIM prostredí zabezpečuje výmenný mechanizmus dát - BIM server. Jeho úlohou je správa dát, software, licenčné zmluvy a postupy, ktoré integrujú aplikácie a platformy v rámci jednej organizácie. Prostredie BIM nie je často rozdelené explicitne ale rastie spôsobom ad hoc, vedený potrebami v rámci integrácie firmy.[4]

1.3 Úrovně využitia informačného modelu budovy

V nulte úrovni ide o použitie výhradne 2D Computer Aided Design (CAD) systémov pre tvorbu modelu, využitím špecializovaných softvérov.

Úroveň 1 BIM uznáva zvýšenie využívania oboch 2D a 3D modelov o projekte, vyznačuje sa tvorbou 2D dokumentácie súčasne s 3D zobrazením objektov v modeli, ktoré je stále viac využívané ako nástroj koncepčného návrhu v prvých fázach projektu a pre vizualizáciu a prezentáciu konečného projektu.

Úroveň 2 BIM vyžaduje výrobu 3D modelov pomocou zadávania informácií všetkými účastníkmi tímu. Pochopením a využitím možností môžu návrhári zabezpečiť, že každý dizajnér modelu postupuje logickým spôsobom tvorby modelu. Úroveň 2 zároveň odhaľuje niektoré nedostatky súčasnej projektovej dokumentácie a vyžaduje rozdelenie projekčného tímu na menšie celky:

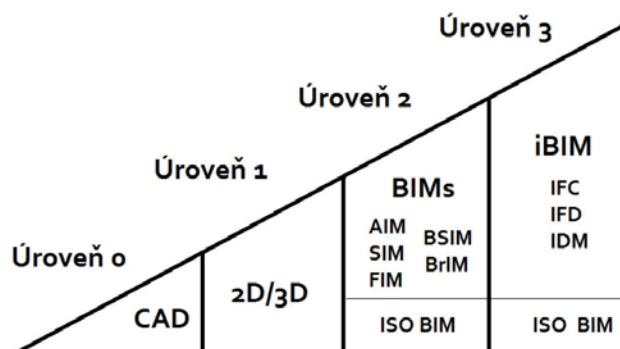
- Architectural information model (AIM)
- Structural information model (SIM)
- Facilities information model (FIM)
- Building services information model (BSIM)
- Bridge information model. (BrIM)

Úroveň 3 BIM Pomocou úrovne 2 sa riešenie modelu zakladá na práci všetkých dizajnérov pracujúcich v 3D prostredí. Môže nastať problém, kedy tvorcovia projektovej dokumentácie nebudú môcť spolupracovať a byť kompatibilní s inými aplikačnými softvérmi a s inými

účastníkmi procesu tvorby modelu.

Dôležitými znakmi úrovne 3 sú :

- Industry Foundation Classes (IFC)
- International Framework Dictionary (IFD)
- Information Delivery Manual (IDM)
- Integrated BIM(iBIM). [6]



obr. 1. Diagram detailnosti tvorby projektu

2 INFORMAČNÝ MODEL BUDOVY VO FÁZACH PROJEKTU

Building Information Modeling (BIM), ako spôsob tvorby projektov stavby, je schopný využitia počas celej doby, od začiatku vzniku prvotnej myšlienky, cez návrh, alebo výstavbu, až po jej užívanie. Základné fázy pre realizáciu stavby sú fáza prípravy, dizajnu, pred výroby, výstavby a uvedenia do prevádzky. [7]

2.1 Prípravná fáza

Začiatok a prvotná myšlienka je spojená s odhadom projektu, ktorý sa zameriava na určenie potrieb, cieľa investora a s uskutočnením štúdie. Výsledky jednoznačne rozhodnú o úspešnosti a zrealizovateľnosti zámeru, ktorý definuje podrobnejšie ďalšie postupy a požiadavky, vyplývajúce zo zistení. V etape zámeru sa identifikujú použité metódy tvorby a postupy, stavebné konštrukcie a plánované využitie stavby, prípadne organizačná štruktúra projektu. Dôležitou súčasťou je výber vhodných účastníkov na tvorbe projektu a definovanie zodpovednosti

Building Information Modeling (BIM) je výhodný už počas začiatku plánovania pred detailným dizajnom. V prípravnej fáze je schopný svojimi nástrojmi presne určiť aký vplyv bude mať zámer, prvotná myšlienka, alebo návrh na celkovú cenu, využitie v rámci prostredia a budovy, náklady spojené s užívaním, alebo vplyvom na životné prostredie.

2.2 Fáza návrhu

V prípravnej fáze bol prvotný zámer vyhodnotený ako vhodný a koncepčným návrhom sa určia predbežné náklady a energetické plány, v závislosti od daného tvaru a umiestnenia budovy. Technický dizajn vytvorí na základe nastavených podmienok a zadaných špecifikácií projektovú dokumentáciu.

Building Information Modeling (BIM) realizuje projektovú dokumentáciu a je schopný poskytnúť a zároveň zabezpečiť komplexný systém spôsobu projektovania. Technológiami BIM je možné 3D modelovanie a zároveň vytváranie 2D projektovej dokumentácie, výkazov

a výstupov. Analyzačným softvérom sa následne navrhnutý model podrobuje skúškam a preveruje sa jeho funkčnosť a vhodnosť riešenia. V BIM prostredí pracuje aj softvér, ktorý model stavby využíva pre simulačné účely na plánovanie ceny, času a správy budovy.

2.3 Predvýrobná fáza

Súťažné podklady sú základom pre výberové konanie. Dokumenty sa pripravujú a zhromažďujú v podrobnej forme. Výberové konanie sa uskutočňuje na základe posudzovania ponúk, identifikácií a hodnotení potencionálnych dodávateľov pre projekt.

Building Information Modeling umožňuje použiť informácie pre vhodný výber dodávateľa a subdodávateľov. Ak sú známi všetci hlavní zhotovitelia, pomocou časových a cenových simulácií je možná úprava ešte pred samotným začiatkom výstavby, a tým je umožnené skrátenie doby výstavby, ale hlavne zníženie nákladov spojených s konštrukčným riešením. Fáza dizajnu určila jednotlivé konštrukčné prvky a fáza predvýrobná dokáže presnejšie špecifikovať druh vybraného materiálu pre danú výstavbu. Rovnako je to aj s cenovým a časovým parametrom, kedy vybraní dodávatelia tieto faktory výrazne upravujú a prispôbujú svojim možnostiam. Predvýrobná fáza však použitím BIM technológií umožňuje zdieľať informačné dáta modelu zhotoviteľmi, čím sa predchádza prípadným problémom pri výstavbe a dochádza k prehodnoteniu celého modelu tak, aby výsledná cena a kvalita diela bola čo najlepšia. Analýzami a simuláciami sa podrobuje model už počas tvorby projektu a je to možné uskutočniť aj v tejto fáze, ktorá dovoľuje pracovať ešte s presnejšími dátami, pretože ak sú známi dodávatelia, tak tí vedia odborne posúdiť a prehodnotiť celý navrhnutý model, čím môže dôjsť k použitiu vhodnejších pracovných postupov alebo materiálov pre zaručenie kvality stavby.

2.4 Fáza výstavby

Príprava začiatku výstavby je charakteristická zabezpečením odovzdania stavby zhotoviteľovi, resp. vymenovaním dodávateľa. Priebeh výstavby je založený na zabezpečení dohodnutej časovej, cenovej a kvalitatívnej zložky.

Building Information Modeling je využívaný aj počas výstavby v prípade, ak je nutná zmena projektu, oprava niektorej časti stavby a s tým spojená zmena projektovej dokumentácie. Veľkou výhodou tvorby v prostredí BIM je, že prípadné zmeny na modeli sú uskutočňované v relatívne krátkom časovom horizonte, v závislosti na zložitosti problému. Prípadná zmena modelu stavby upravuje aj pripravenú dokumentáciu. Opravy a výroba nových projektových dokumentov sa realizujú aj v priebehu predvýrobnej, alebo dizajnovej fázy. Počas výstavby sa v spolupráci s BIM zabezpečuje dodržiavanie a sledovanie časového a cenového faktoru. Zároveň je kontrolovaný priebeh výstavby a zabezpečené podklady pre odovzdanie stavby.

2.5 Fáza uvedenia do prevádzky

Kolaudačné konanie je činnosť príslušného stavebného úradu, smerujúca k vydaniu rozhodnutia o užívaní stavby, uskutočnená pred uvedením stavby do prevádzky, na základe jej podrobnej kontroly. BIM technológiami sa počas projektovej dokumentácie vytvára projektová dokumentácia a model stavby, ktorý obsahuje všetky potrebné detaily a vypracovaná dokumentácia je zároveň podkladom pre účely kolaudačného rozhodnutia

2.6 Fáza užívania stavby

Model údržby a vývoja pomocou BIM technológií analyzuje dáta pre možnosti, ktoré môže ponúknuť stavba v budúcnosti, na základe výsledkov z jej užívania.

Pomocou informácií, získaných v priebehu tvorby modelu stavby a aj počas jej prevádzky je celý objekt schopný centralizovaného riadenia pomocou BIM nástrojov.

BIM nástroje sú využívané počas prípravy, výstavby, ale aj počas samotného užívania stavby. Vďaka využitiu v projektovej činnosti pri realizácii tvorby modelu stavby boli informácie vložené do všetkých konštrukčných prvkov a zariadení, resp. celého modelu stavby. Pomocou informácií je uskutočňovaná správa celej budovy. [6]

3 ZÁVER

Existujúci stav stavebného priemyslu vychádza zo systému tradičných metód. Tieto metódy boli formulované v inej dobe a inej spoločnosti ako je súčasnosť.

Súčasný stav môžeme popísať ako neefektívny. Príčiny stagnácie sú jasne definované, doteraz však spoločnosť nebola schopná nájsť liek na túto nízku efektivitu. Možných dôvodov je niekoľko, dôležité však je, že vyvíjané nástroje sú schopné tento stav riešiť. Doterajšie prípadové štúdie a niekoľko výskumov, ktoré boli realizované nezávisle od seba navrhlo integráciu riadenia stavebného projektu ako východiskové riešenie. Nástrojom tejto integrácie sa stal informačný model budovy, ten sa javí ako akceleračný, ktorý vznikol vyspelým hardware, inovatívnymi technikami CAD a prevzatím toho najlepšieho z modelovacích riešení v iných priemysloch. Príchodom integrovaných nástrojov nemožno očakávať okamžité zvrátenie nepriaznivého stavu, na to je potrebná ďalšia hlbšia analýza ktorej cieľom je identifikácia bariér a predstavenie odporúčaní pre dosiahnutie požadovaných predpokladov.

Príspevok predstavuje čiastkový výstup riešenia projektu VEGA 1/0840/11 Multi-dimenziálne prístupy podporujúce integrované navrhovanie a riadenie stavebných projektov“ a projektu ITMS : 26220120018 Podpora Centra excelentného integrovaného výskumu progresívnych stavebných konštrukcií, materiálov a technológií.

Použitá literatúra

1. Eddy Krygiel, Brad Nies, Green BIM : Succesful Sstainable Design with Building Information Modeling 2008, ISBN: 978-0-470-23960-5
2. Megan Wortman et al, The Long and Foster Headquarters Building: A Building Information Modeling Case Study 2008, Computer Integrated Research program CIC, University of Pensilvania, http://www.engr.psu.edu/ae/cic/publications/TechReports/TR_055_Wortman_08_Lo ng_and_Foster.pdf
3. Tatjana Dzambazova at al., Introducing REVIT ARCHITECTURE 2010, 2009 ISBN: 978-0-470-47355-9
4. Eastman et al, BIM Handbook, 2009, John Wiley and Sons. 2011, ISBN 978-0-470-54137-1
5. Willem Kymmell, Building Information Modeling: Planning and managning Construction projects with 4D CAD simulations, 2008, title: 0-07-159545-7
6. Royal Institute of British Architects : BIM Overlay to the RIBA Outline Plan of Work. London EC2P 2EA : RIBA Publishing , Bonhill Street, 2012. ISBN 978-185946-467-0
7. Agele J. Alufohai : Adoption Of Building Information Modeling, Nigeria, 2012.
8. Martin Kalavský : Potenciál BIM technológií pre riadenie stavebných projektov, Diplomová práca, Technická univerzita Košice, stavebná fakulta

Príspevok recenzoval: prof. Ing. Mária Kozlovská, PhD.

Kontaktné údaje

Ing. Tibor Šoltés

Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta

Vysokoškolská 4, 042 00 Košice

m@: tibor.soltes@tuke.sk

INOVATÍVNE MOŽNOSTI A POSTUPY - KROK BLIŽŠIE K ZELENÉMU VYŠEHRADU V KRAJINÁCH V4

INNOVATIVE POSSIBILITIES AND METHODS - ONE STEP CLOSER TO GREEN VISEGRAD IN THE V4 COUNTRIES

Róbert Rudišín

Abstrakt

Návrh konštrukcií, skladieb a konštrukčných detailov budov priamo ovplyvňuje spoľahlivosť jednotlivých celkov z hľadiska statiky, hydroizolačnej techniky, stavebnej fyziky, stavebnej tepelnej techniky, požiarnej bezpečnosti, ako aj z hľadiska ich životnosti a vplyvu na životné prostredie. Konštrukčný návrh musí svojimi teoretickými a experimentálne zdôvodnenými zásadami eliminovať všetky nežiaduce vplyvy a pritom plne rešpektovať požiadavky navrhovanej konštrukcie, resp. budovy. Tomuto faktoru sa podriaďuje aj súčasný výskum, vývoj, ale aj výber vhodných stavebných materiálov.

Kľúčová slova: *Viacfunkčné materiály, Strešné plášte, Obvodové plášte, Podlahové konštrukcie.*

Abstract

Proposal of constructions, buildings and structural details of buildings directly influencing reliability on individual units from the point of view of statistics, hydro-isolation technics, building physics, building thermal technics, fire safety and from the point of view of their durability and influence on environment. The structure proposal together with its theoretical and experimental policies must eliminate all the unwanted influences and at the same time they must respect the wants of the proposed constructions, or buildings. This fact is the subject of the current research, development and choice of appropriate building materials.

Key words: *Multifunctional materials, Roof coverings, Cladding, Floor constructions, Building a Green Visegrad, Visegrad strategic program.*

1 VISEGRAD STRATEGIC PROGRAM NO: 31010022 - PROGRESSIVE MULTIFUNCTIONAL BUILDING MATERIALS, CONSTRUCTIONS AND TECHNOLOGICAL METHODS - ONE STEP CLOSER TO GREEN VISEGRAD IN THE V4 COUNTRIES

One of the priorities of the project is to improve the level of providing information to professional as well as to general public about the possibilities of perspective and efficient use of new and modified multifunctional building materials in the V4 countries. These materials, analyzed within the proposed change of the project, should, in the feasible future, represent one of the possibilities of help provided to the population of the V4 countries (**countries affected by natural disasters**) - for instance in the complex process of proposing **simple panel family houses** for population of regions affected by floods and poor segments of population.

One of the targets of the proposed project change and extension should be a continual effort of enforcing and in-depth analyzing of the so-called „**cell/module system of easy re-fabrication - module living in the standards of the V4 countries**” as a result of the V4 countries cooperation in the given area (represented by affected universities / faculties, companies, individuals or other institutions). The project extension expects a mutual exchange of information and experience dealing with the possibilities of construction solutions and changes as well as with the implementation of building traditions into the V4 countries in common building and constructional solutions - the increase of quality of living in the V4 countries.

2 V4 PROJECT EXTENSION - AREAS

- Roof coverings (flat, sloping and steep roof constructions),
- Cladding,
- Floor constructions (constructions fixed in natural terrain in relation to the soil).

The aim of project extension and prolongation will be to analyze possibilities and extents of the use of innovative multi-functional building materials and technological and structure methods in the process of designing and realizing roof constructions of buildings in the V4 countries, including their advantages and disadvantages analyzed, based on the so-far known scientific knowledge and valid norms of the V4 countries.

- reduce the impact of fluctuation of temperature between day and night (to avoid overheating),
- analysis of thermal insulation features of constructions and materials,
- analysis of sound insulation features of constructions and materials,
- analysis of hydro-insulation features of constructions and materials,
- analysis of durability and reliability (static point of view) of the studied multifunctional building materials and constructions (economic point of view),
- analysis of the extent of absorption of air pollutants,
- analysis of oxygen production and carbon dioxide retention.

Increasing the level of informedness about the need of mutual link of buildings, building construction, structure details of buildings and effective solution and use of systems and set of environment technics will also form a part of the extended project. All these will make the integral part of the so-called „green buildings” which will significantly contribute to the green concept in the V4 countries.

3 THE EXPECTED RESEARCH AND DEVELOPMENT IN ONE OF THE OBSERVED PART OF THE PROJECT: THE CONSTRUCTION BASED ON NATURAL TERRAIN ACCORDING TO SUBSOIL

In the last twenty five years hardly any changes were observed in designing and execution of supporting structures. Plain concrete and reinforced concrete are still the most frequently used

materials in foundation structures; their thermal insulation properties have not been significantly improved over these years (see. Figure 1).



Figure 1: Examples of shallow foundation of dwelling houses: *currently used method of realization of dwelling houses base structure - foundation shaped bricks.*

Nevertheless, nowadays research and development of new materials advances in this field of activity. New modifications of **lightweight concretes** (LB) are gaining popularity, such as **foam concretes** (PBG) and **polystyrene concretes** (PsB), providing promising structural and thermal insulation functions in the structure and structural details of foundation structures, especially slab foundations (see. Figure 2).



Figure 2: Examples of shallow foundation of dwelling houses: *progressive method of realization of dwelling houses base structure - foundation slab made of lightweight concrete.*

Thanks to improvement of modern technologies with tendency to reduce material and energy use of buildings, the mentioned structural solution for foundations becomes more and more popular. New structural systems and solutions (see. Figure 3/4) in combination with new constructional materials gain interest.

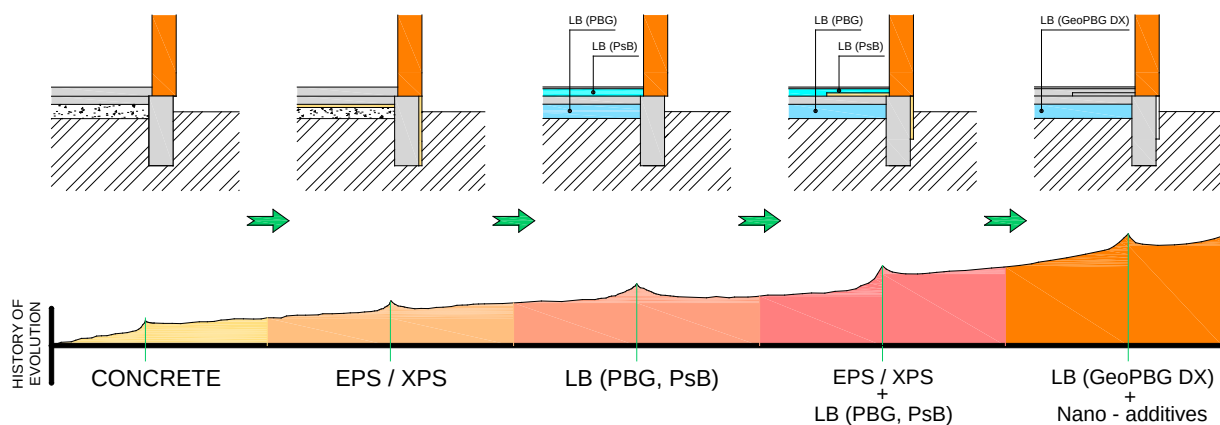


Figure 3: Graphic illustration of development in the field of designing of structural details of the bottom structure of buildings - *construction heat engineering aspect*.

Due to their fast development, a wide range of applications was found for these materials as a ***thermal-insulation-structural and spread footing-stabilizing layer***, replacing currently used gravel bedding in a ***building-foundations structure-subsoil relation***. This allows of faster designing and erection of foundation structures minimizing required expenditures.

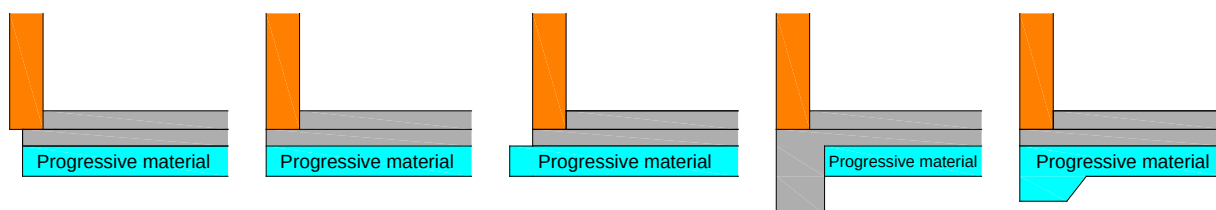


Figure 4: The selection of shape of foundation constructions formed by a *progressive multifunctional constructions materials*.

The primary goal will be an alternative replacement of gravel (gravel-sand) backfill of the most common thickness 200 mm and lean concrete base of the most common thickness 100~150 mm with one layer of foam concrete (PBG) of the thickness providing required *thermal and technical properties and load-bearing capacity for a given building, in relation to the subsoil load-bearing capacity (see. Figure 4)*.

The need to be engaged in the issue of **effective optimization of thermal flows from a building into subsoil** results from a series of current demands on the building market, such as consciousness about energy performance of buildings, recent increase of demand for erection of houses and also requirements of construction theory and practice. Proper design of structures and structural details can contribute to reduction of energy demands for heating and operation of buildings and at the same time can increase quality of internal environment.

4 CONCLUSION

The task of the project extension and prolongation will be, based on the acquired knowledge and questions, a complex problem solution with the use of progressive multifunctional building materials in all constructions and construction details of buildings with a clear purpose - to get closer to the idea of green Visegrad in the V4 countries as much as possible.

The aim is to map and introduce alternative solutions of constructions (panel and combined sets, most commonly used roof constructions, systems and materials), sets and structure details using innovative building materials and technologies which may be applied and realized not only in the V4 countries.

Planned partial results represent scientific meetings, conferences and workshops in the individual V4 countries supported by publications in conference proceedings, non-conference proceedings and magazines. Websites of institutions also help to spread scientific information and knowledge.

This report was created during solution of project No: 31010022.

	Visegrad Strategic Program No: 31010022 <i>Progressive multifunctional building materials, constructions and technological methods - one step closer to green Visegrad in the V4 countries</i> Priority (2) Building a Green Visegrad

Bibliography

1. DRUSA, M., KNOPPIK-WRÓBEL, A., RUDIŠIN, R., SCHERFEL, W.: Potential of composite foam concrete as an alternative layer for load transfer platform, *In: XXI Russian-Slovak-Polish Seminar - THEORETICAL FOUNDATION OF CIVIL ENGINEERING*, July 2012, Moscow - Arkhangelsk, Page 523-530, ISBN 978-83-7814-021-4.
2. RUDIŠIN, R., KNOPPIK-WRÓBEL, A., SCHERFEL, W.: New solution of a dwelling house foundation structure - foundation slab made of lightweight concrete (PBG), *In: DEFECTS AND RENOVATION OF BUILDING ENVELOPE STRUCTURES - 11*, April 2011, SR, High Tatras, Podbanské, Page 249-254, ISBN 978-80-553-0651-3.
3. RUDIŠIN, R., SCHERFEL, W.: Opportunities, efficiency and effect of utilization of foam concrete in floor structures of hall industrial buildings on reduction of energy intensity, *In: BUILDINGS AND ENVIRONMENT 2010*, October 2010, ČR, Brno University of Technology, Faculty of Civil Engineering, conference proceedings, Page 214-221, ISBN 978-80-214-4155-2.
4. Standard subbases for family houses: mgr inż. Agnieszka Knoppik-Wróbel, dr inż. Rafał Krzywoń, dr hab. inż. Jacek Hulimka.
5. www.sircontec.com.
6. www.visegradfund.org.

Contact Information

Ing. Róbert Rudišin, PhD.

Technical University of Košice, Faculty of Civil Engineering,
Institute of Architectural Engineering, Department of Building Physics,
Vysokoškolská 4, 042 00 Košice, Slovakia,
E-mail: robert.rudisin@tuke.sk

ÚSPORA ENERGÍÍ - SEZÓNNA AKUMUÁCIA TEPLA

ENERGY SAVING - SEASONAL HEAT STORAGE

Emese Šiváková, Róbert Rudišín

Abstrakt

Snaha o úsporu energií po energetickej kríze v 70-tych rokoch dala zelenú mnohým projektom, na ktorých sa podieľali obnoviteľné zdroje energie v maximálnej možnej miere. Vyplývajúci výskum v oblasti sezónnej akumulácie tepla zo solárneho žiarenia sa započal v 80-tych rokoch minulého storočia na podnet Medzinárodnej agentúry pre energiu (IEA). Najčastejšie sa jednalo o využitie slnečného žiarenia počas celého roka za účelom znižovania spotreby fosílnych palív a tvorby oxidu uhličitého. V prípade, ak hovoríme o projektoch zameriavajúcich sa na sezónnu akumuláciu tepla, môžeme za najdôležitejšie komponenty považovať solárne panely a veľkokapacitné sezónne zásobníky tepla. Práve podzemné zásobníky tepla predstavujú v súčasnosti nové možnosti pokrytia potreby tepla a tepelnej energie v období s nedostatkom priameho slnečného žiarenia a to prostredníctvom naakumulovanej energie. Túto energiu je možné primárne využiť na prípravu teplej vody, alebo sekundárne na podporu vykurovania.

Kľúčová slova: *sezónna akumulácia tepla, slnečná energia*

Abstract

The effort to save energy after the energy crisis of the '70s has given the green light to a number of projects in which participated renewable energy as much as possible. The research in the idea of seasonal heat storage from solar radiation will began in the 80-ies of the last century on the initiative of the International Energy Agency (IEA). Most often it was the use of sunlight throughout the year with a view to reducing the consumption of fossil fuels and the formation of carbon dioxide. The most important components of the seasonal heat storage are solar panels and large-capacity seasonal heat storage tanks. In this time the underground seasonal heat storages present new options to cover the needs of heat and thermal energy in the period with the lack of direct sunlight through the accumulated energy. This energy can be the primary use for the preparation of hot water, or secondary to promote district heating.

Key words: *seasonal heat storage, solar energy*

1 INTRODUCTION

On the basis of the amendments to the law on the energy performance of buildings which should enter into force from 1 July 2013 have been through the European directive from 19 May 2010 determined terms in the field of energy performance of buildings. Takes into account such factors such as outdoor climatic and local conditions, and the requirements for economic efficiency in buildings and indoor environment of buildings. Climatic and local conditions can not influence markedly but by fulfillment of the other requirements dealing the public for years. Increasing the energy efficiency of buildings is on the first place in recent years, especially by the total consumption of energy in buildings. Another important aspect is

the internal environment of the buildings, which in the case of improper application may negatively affect the physical and mental health of users in buildings.

At the European Council in 2007, was specify the need to increase energy efficiency in the Member States of the European Union. There's the adoption of measures in the form of three 20 % commitment. The first commitment is about the reduction of greenhouse gas emissions by 20 %, the second commitment of increasing the share of energy from renewable sources to 20 % and the third commitment is concerned the reduction of energy use by 20 %.

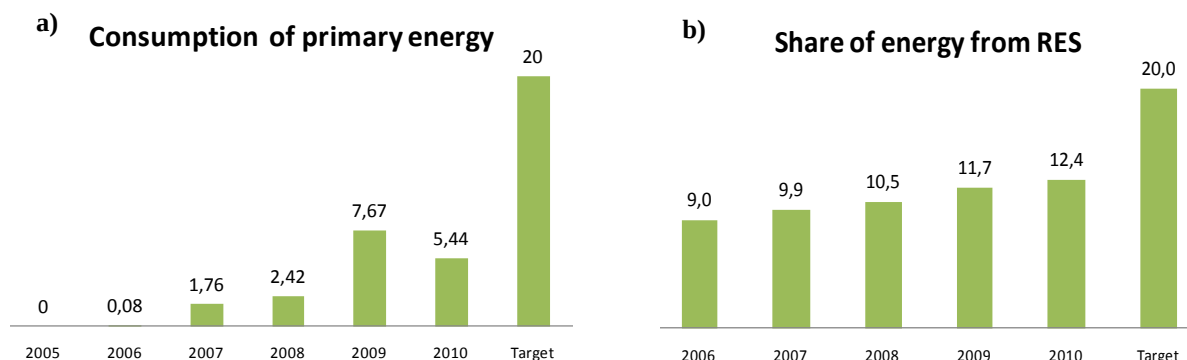


*Fig. 1: **a** - Graphical representation of the course of the reduction in consumption of primary energy in the EU countries between 2005 and 2010, **b** - Graphical representation of the share of energy from RES in the EU between 2006 and 2010*

After 2009, when 17 Member States of the European Union came the hostage in the conflict between Russia and Ukraine (called as the gas crisis) has become an important goal of effort to increase the level of energy security in the Member States of the EU. Nearly half of all their energy is deliver it in third world countries. As a consequence of this fact we put more emphasis on the security of EU energy independence through renewable energy sources (RES). RES have relatively high potential in Slovakia. They are focused on the use of energy from biomass, hydroelectric, wind and solar power. Involved in the production of heat and electricity.

2 SEASONAL HEAT STORAGE

The most common way of using the heat by the photothermal conversion in the solar collectors is the preparation of hot water. The biggest consumer of heat energy in our climatic conditions are the buildings that we have to heat during the winter and cool during the summer. As a result of this need from the energy point of view began to consider using solar energy to supply heat buildings in the winter, when is the demand for heat greatest, but on the other side, the intensity of sunlight is lowest. It is about the use of seasonal heat storage.

The research of seasonal heat storage by seasonal heat storage tanks was began in the 1980s in Northern European countries and the Federal Republic, at the initiative of the current difficulties associated with the world energy solutions of energy crisis. This projects were supported by Government programmes of this countries.

What is a seasonal heat storage? Represents the seasonal storage of heat energy from the solar collectors in the period with a higher intensity of sunlight in the summer and with a minimal need for heat energy for the period with higher demands on heat energy during the period and with a low intensity of sunlight during the winter. The most important features are the solar collectors with a few hundred to one thousand square meters of area and seasonal heat store with a capacity of several thousand cubic meters.

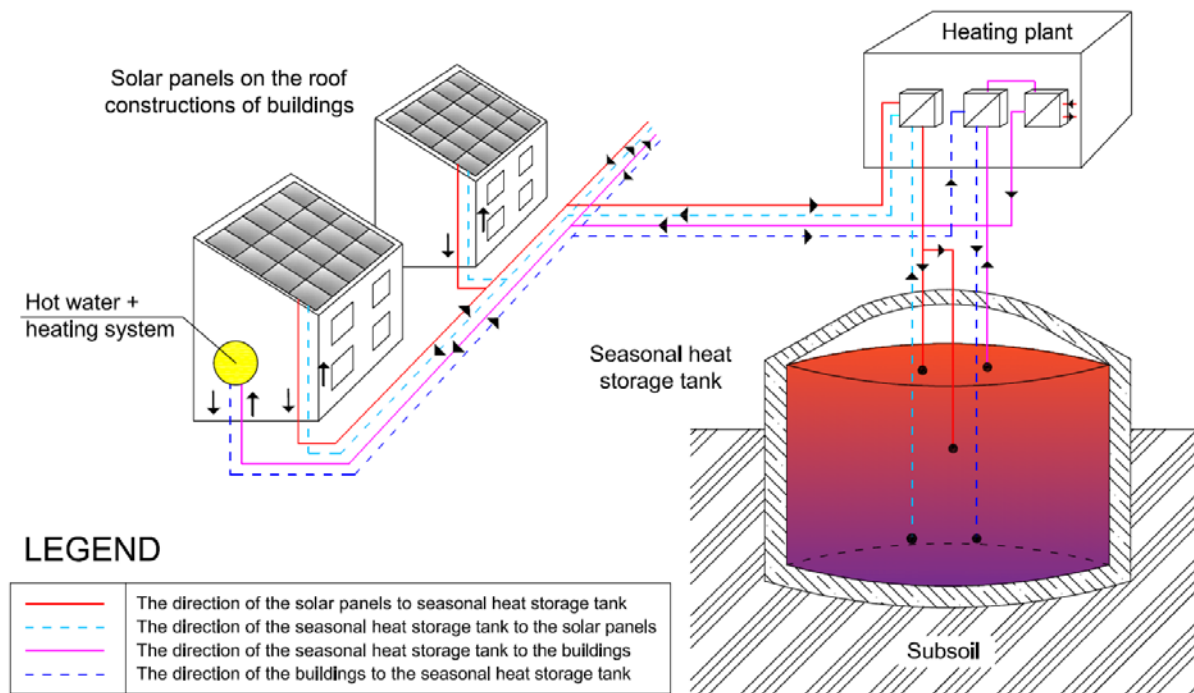


Fig. 2: Diagram of seasonal heat storage

3 SEASONAL HEAT STORAGE TANKS

The aim of the seasonal heat storage tanks is the accumulation of heat, straightening temperature differences and achieve the most effective use of the collected energy.

In the development of a new generation of solar systems with a seasonal heat storage we consider with the preference of heat temperature stores because they have the greatest buffer capacity. When the seasonal heat storage is in the heat temperature storage tanks there is an accumulation of sensible heat, which is the most commonly used method of heat storage. The most important feature of the working substance is the heat capacity, which the value should be greater, and at the same time, the cost of the substance were low. The most appropriate substance is water, which the heat capacity represents the value of $4,187 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$. Other substances may be aggregates and a variety of other solid substances which have a much lower heat capacity. The advantage of these hot-water store is the low price, the disadvantage is a large volume of substance (medium) and relatively quick ability of discharging.

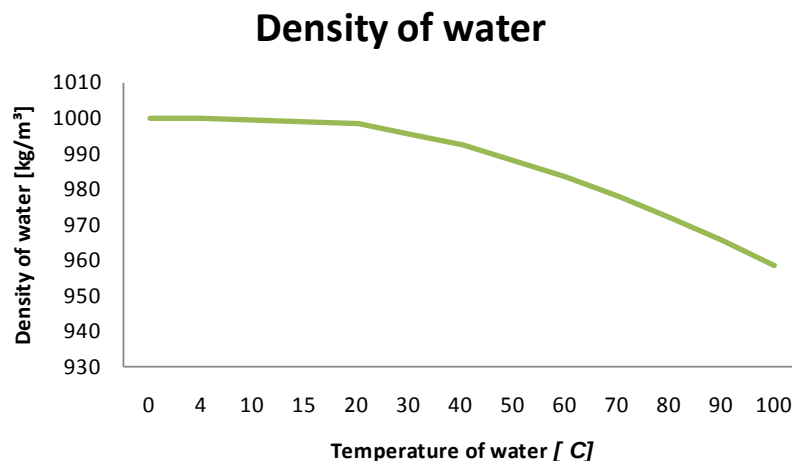


Fig. 3: Dependence of the density of water at on temperature

The most appropriate solution of choosing the way of heat storage tanks is focusing on the possibility of the stratification of heat, heat layering that is made by the influence of different densities of various temperatures of water (Fig. 3). The temperature of the water in the heat store can reach about 80 °C. This temperature is changed by a due of the continual removal of heat energy resulting in a gradual discharge of store. The total discharge of the store occurs within three to four months.

4 CONCLUSION

The aim of this paper was to introduce the possibility performance of the energy requirements of the EU through the use of RES in the form of seasonal heat storage. By choosing this form of investigation by primary sources of energy presents a seasonal heat storage. This is the most energy-efficient use of solar energy, which we can get completely free of charge. Seasonal heat storage is financially challenging project, whose return is fairly long. The perfect solution would be the possibility of obtaining subsidies from the Government programs, just as it was abroad. The theme of seasonal heat storage in Slovakia remains now obsolete.

ACKNOWLEDGMENTS

This report was created during solution of project Visegrad Strategic Program No: 31010022 and grant project VEGA 1/0976/11.

	Visegrad Strategic Program No: 31010022 <i>Progressive multifunctional building materials, constructions and technological methods - one step closer to green Visegrad in the V4 countries</i> Priority (2) Building a Green Visegrad

References

1. SCHMIDT, T., MANGOLD, D., MÜLLER-STEINHAGEN, H.: *Seasonal thermal energy storage in Germany*. Göteborg, Schweden, 2003.
2. SCHMIDT, T., BENNER, M., HEIDEMAN, W., MÜLLER-STEINHAGEN, H.: *Saisonale Wärmespeicher aktuelle Speichertechnologien und Entwicklungen bei Heißwasser- Wärmespeichern*, www.itw-uni-stuttgart.de; (28.08.2011, 12:24).
3. MANGOLD, D., RIEGGER, M., SCHMIDT, T.: *Solare Nahwärme und Langzeit Wärmespeicher*. München, 2007, www.solites.de; (28.08.2011, 12:25).

Contact details

Ing. Emese Šiváková

Ing. Róbert Rudišin, PhD.

Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta, Ústav pozemného staviteľstva
Vysokoškolská 4, 042 00 Košice

Tel: + 421 055 602 4299, + 421 055 602 4166

email: emese.sivakova@tuke.sk, robert.rudisin@tuke.sk

KONŠTRUKČNÉ MOŽNOSTI NÁVRHU OBVODOVÝCH PLÁŠŤOV PODZEMNÝCH ZÁSOBNÍKOV TEPLA

THE DESIGN OPTIONS OF A UNDERGROUND HEAT STORAGE

Emese Šiváková, Róbert Rudišin

Abstrakt

Za obdobie posledných tridsiatich rokov bolo vynaložené značné úsilie na znižovanie produkcie emisií škodlivých plynov. Na základe „energetickej politiky“ väčšiny krajín EÚ, dochádza postupom času k napĺňaniu záväzkov týkajúcich sa využívania obnoviteľných zdrojov energií. Tento príspevok sa zameriava na jeden z hlavných obnoviteľných zdrojov energie - Slnko, konkrétne na sezónnu akumuláciu tepla. Výskumom tejto problematiky sa zaoberajú v poslednom desaťročí mnohé krajiny EÚ s podporou rôznych vládnych programov a s jednoznačným cieľom - optimalizovať technické a ekonomické aspekty sezónnej akumulácie tepla. Z toho pohľadu sa tieto projekty stávajú „spoľahlivou cestou k šetreniu a zachovaniu energie“.

Kľúčová slova: *sezónne zásobníky tepla, slnečná energia*

Abstract

Over the past thirty years has been made considerable efforts to reduce the production of harmful gases. As time, the majority of EU countries realize their liabilities to use the renewable energies on the on the basis of "energy policy". This paper describes the one of the main sources of renewable energy - Sun, specifically the seasonal accumulation of heat. Research of this issue to deal in the last decade as many EU countries with the support of various government programs and with a definite purpose to optimize technical and economic aspects of seasonal a heat storage. From this point, these projects become "a reliable route to the investigation and conservation of energy".

Key words: *seasonal storage tanks, solar energy*

1 INTRODUCTION

For the purpose of accumulation of heat are used different types of storage tanks that vary by the construction solution, material solution, and by kind of use the media, thermal capacity, but also the economic feasibility. This characteristics leads to its uniqueness. Each storage tank is becoming a unique solution and another source of information.

The high-temperature seasonal heat storage tanks which can cover the need for heat during the period with a lack of sunlight is appropriate to apply for efficient accumulation of excess heat accumulated during the high intensity of solar radiation.

That is the balancing of temperature differences and streamlining of captured solar energy. Seasonal heat storage tanks are used to prepare hot water for sanitary but also for the heating systems in all kinds of buildings. In this case we are talking about seasonal accumulations of heat.

All system of seasonal accumulation of heat is formed of three basic elements that are most important: solar collectors with several hundred to a thousand square meters, seasonal heat storage tank with a capacity of several thousand cubic meters and an extensive network of hot water piping. Solar panels are usually located in the fields on the roofs of buildings or outside the building, stored on land near the seasonal storage tank. The amount of solar energy (profits) depends on many factors, such as: the effectiveness of solar collectors, method of circulation of the medium and the quality of construction of tanks [1].

The seasonal storage tank is placed on the ground, near the place of heat consumption for reduction of heat loss during transfer of heat to the point of collection.

The most important criterion to be satisfied by a storage tank is the ability of thermal insulation of used building materials. It must to ensure minimising heat loss to the surroundings of the heat storage tank "the perfect storage tank" should all the captured energy to maintain arbitrarily long (without the heat loss to the surroundings) but this option does not currently exist, however that over the past decade have been developed by a variety of building materials with more than average characteristics [2].

The ratio of the volume of the seasonal storage tank and its surface is more favourable when the volume its increasing. The heat loss in long-term seasonal storage tank are smaller. When is the proportion smaller, the heat loss are less too. The ideal storage tank is the tank with minimal thermal losses according and with the shape of a sphere. However, the construction of this type would be technologically and economically too challenging. An important indicator in this field is also the ratio of the construction of the seasonal storage tank to his total volume.

2 PARTITION OF THE SEASONAL STORAGE TANKS

Underground seasonal storage tanks can be divided by the different aspects. The most important criterion of medium is the temperature range where is operated. The usual divide of the stores:

- deep – temperature < 10 °C,
- low – temperature 10 ~ 30 °C,
- middle – temperature 30 ~ 50 °C,
- high temperature > 50 °C.

Underground seasonal heat storage tank can be divided to the four technologies for storing solar thermal energy seasonally:

- tank thermal energy storage,
- pit thermal energy storage,
- borehole thermal energy storage,
- aquifer thermal energy storage.

The selection of the optimal type of a seasonal heat storage tank is influenced by many factors: local climatic terms, volume of the heat store, geological and hydro-geological conditions of the soil/subsoil and financial options and ideas of the investor.

An underground heat stores are most often rectangular, polygonal, or circular ground plane with straight floor. The shape is depend on its dimensions and volume, from the possibility and methods of construction, from the used building materials and from the specific terms of base addressing.

3 CONSTRUCTION AND MATERIAL SOLUTIONS OF THE UNDERGROUND STORAGE TANKS

The most important feature of the heat storage tank is the resistance of the main constructions to loads of any kind. The fact remains that on the external wall of underground storage tanks at the same time operating pressure from the Earth and the pressure from the medium in the store.

For this reason, they are usually constructed from the reinforced concrete or made from the concrete with the addition of glass fibre, which increase the strength of the construction. The roofing of the heat storage tank mostly used from monolithic concrete ceilings, for example from the flat, dome, mixed or cone-shaped prefabricated components (Fig. 2).

For effectively prevent heat loss from the seasonal storage tank (thermal bridges) it should to use a minimum insulation thickness of 200 mm. Appropriate selection of the insulation is subject by composition and construction of external wall (Fig. 1).

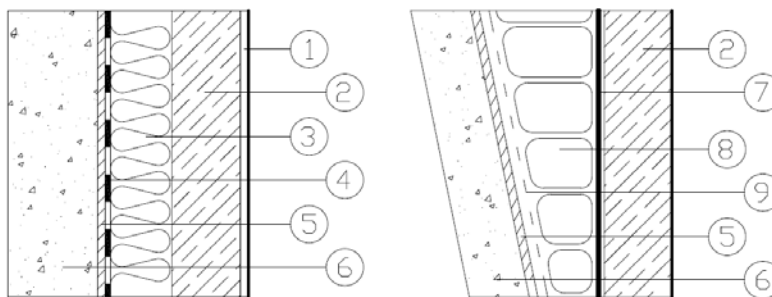


*Fig. 1: The most common pieces of external walls of underground heat storage tanks
1 - stainless coat, 2 - reinforced concrete wall, 3 - thermal insulation, 4 - waterproof insulation, 5 - drainage layer, 6 - soil, 7 - vapor barrier, 8 - foam glass granulate, 9 - permeable film*

The waterproofing function of the external wall is provided using a special hydrophobic concrete, resp. system of waterproofing solutions. One of the other options is the use of stainless steel which is anchored on the internal surface of the storage tank.

The overview of the development of the materials and structures for the construction of seasonal storage of heat represents the following table (Tab. 1).

Seasonal heat storage tanks	<i>First generation</i>	<i>Second generation</i>	<i>Third generation</i>
<i>Construction</i>	monolithic walls	monolithic walls	monolithic walls, prefabricated walls
	insulated walls, roofs	insulated walls	insulated floors, walls, roofs
<i>Indoor coat</i>	stainless steel	high-strength concrete	stainless steel, black steel
<i>Heat insulation</i>	mineral wool	foam glass granulat	foam glass granulat (under floor)
			foam glass granulat in bags (walls)
<i>Protection layer</i>	sealing foil	vapor barrier - heat insulation - permeable membrane	vapor barrier
<i>Pilot project</i>	Friedrichshafen, Hamburg	Hannover	München, Crailsheim

Tab. 1: The development of construction materials used for the construction of seasonal heat storage tanks by the individual stages

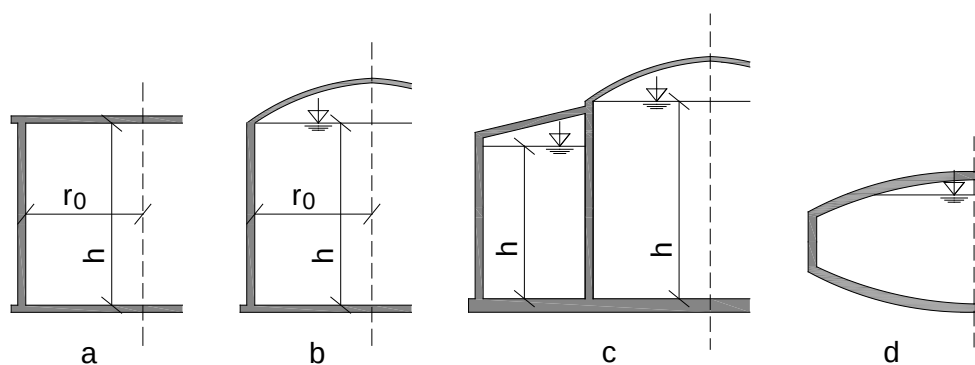


Fig. 2: Cross sections of the underground storage tanks structures
a - flat roof, **b** - dome roof, **c** - mixed roof, **d** - lenticular roof

4 CONCLUSION

By developing the idea of sustainability has contributed to the effective reduction needs of fossil fuels and decrease of carbon dioxide. The seasonal heat accumulation meets these conditions, due to the fact that it uses what is enough a solar energy. The systems with the seasonal accumulation of heat also have their drawbacks. They're especially high initial investment costs for the purchase of solar collectors and construction of the underground heat storage tanks. The considerable funds are being spent on research into soil and subsoil, determination of the level type and flow of the groundwater. As a result of the relatively high total cost is developing topics of seasonal heat storage without the support of government programs in the Slovak Republic unlikely.

ACKNOWLEDGMENTS

This report was created during solution of project Visegrad Strategic Program No: 31010022 and grant project VEGA 1/0976/11.

	Visegrad Strategic Program No: 31010022 Progressive multifunctional building materials, constructions and technological methods - one step closer to green Visegrad in the V4 countries Priority (2) Building a Green Visegrad

References

1. CIHELKA, J.: *Sluneční vytápěcí systémy*. Státní nakladatelství technické literatury, Praha, 1984.
2. LADENER, H., SPÄTE, F.: *Solární zařízení*. Grada Publishing, Praha, 2003, ISBN: 8024703629.
3. SCHULTZ, H.: *Teplo ze slunce a země*. Vydavatel'stvo HEL, Ostrava, 1999, ISBN: 8086167097.

Contact details

Ing. Emese Šiváková

Ing. Róbert Rudišin, PhD.

Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta, Ústav pozemného staviteľ'stva
 Vysokoškolská 4, 042 00 Košice

Tel: + 421 055 602 4299, + 421 055 602 4166

email: emese.sivakova@tuke.sk, robert.rudisin@tuke.sk

SELECTED PART OF METHODOLOGY FOR MINIMIZING THE NEGATIVE EFFECTS OF NOISE ON WORKERS AND AROUND THE SITE DURING BUILDING CONSTRUCTION

Ondrej Kováčik

Abstract

One of the main objectives of this paper is to approach a selected part of a comprehensive methodology to minimize the negative impact of noise on construction workers and surrounding site, which could be applied in construction practice. This methodology should be continuously developed alternatively at least updated. Using the methodology should not be difficult or complicated as the building – technology designers even for construction managers, whether practical needs. Each parts of the method must be simple and clear with their immediate application and accessible to all participants in the construction process. Due to the extent of my contribution I devote only on a selected part of methodology, which forms the core of a comprehensive methodology.

Key words: *methodology, noise, minimize*

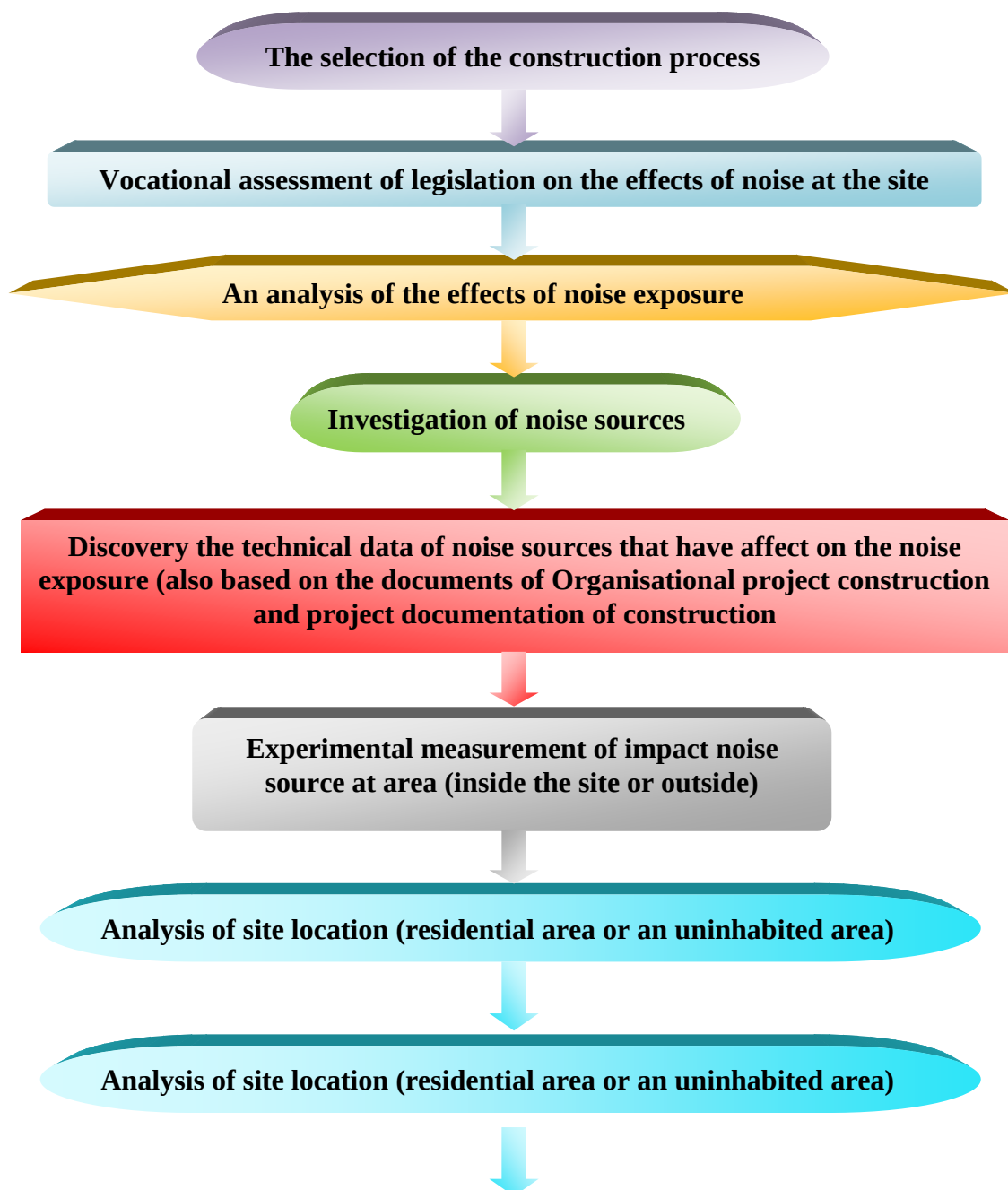
1 INTRODUCTION

Any negative effects of noise and any possible risks can be minimized by obtained, determined, truthful and verified information about their effects, which have already happened or could take place in time and space. Important information of this kind, we should be back up and constantly updated. The output result of minimize should be a decision that would make the possibility of preventing such an effect (risk, impact, accident, breakdown). Application the examined area of the criteria that ensures objectivity, independence and impartiality of the criteria should reach appropriate and right decision. In industrial areas as well as in construction practice managers must solve different problems by complex solving, using progressive detection of irregularities and increasingly are forced to apply multi – criteria analysis.

Verbal minimize potential adverse impacts of noise from construction activities is among the most common methods of analyzing potential risks and it has been often subjective, even often over hasty. Unfortunately in today's stress-packed time this method of minimize the adverse noise effects in civil engineering is more popular and applied. But we also know different challenging, complex and detailed ways of optimization multi – criteria analyzes. Choosing the right methodology to minimize the negative impact of noise, or the assessment of potential risks and truthful information about the possible effects is very challenging and important process. From experience I can say that the vast majority of methodologies will assume trouble free running of the building in terms of construction noise impact, and will only focus on the control of critical construction processes that can be identify already in the preparatory phase of the project. However, I suggest focus on each construction process throughout the whole building process, and do not underestimate the seriousness of the associated construction processes, because they can already have a significant negative impact in terms of noise exposure. Methodology to minimize negative impacts of noise should represent a role of helpful tool and it is necessary to better utilize the expertise practices of professionals, which are still indispensable.

2 PPROCEDURAL STEPS OF METHODOLOGY TO MINIMIZE THE ADVERSE IMPACT OF NOISE

Applying the methodology to reduce the negative impact of noise at the site, it is necessary to proceed the following primary steps that form the main skeleton of the proposed methodology. Process of application methodology starts with the selection of the construction process and continues by individual process steps, such as the expertise of the legislation, an analysis of the effects of noise exposure, investigation of noise sources, discovery the technical data of noise sources, experimental measurement, analysis of site location, design the preventive measures to protect workers against noise , design the preventive measures to reduce the noise exposure to surroundings, optimal design of the fence, assessment the sources of noise with criteria, up to the final objective, assessment, if construction works of selected construction process is going in accordance with the legislation of noise. Due to easier viewing and understanding I point out these individual procedural steps of methodology in clearer graphical representation.



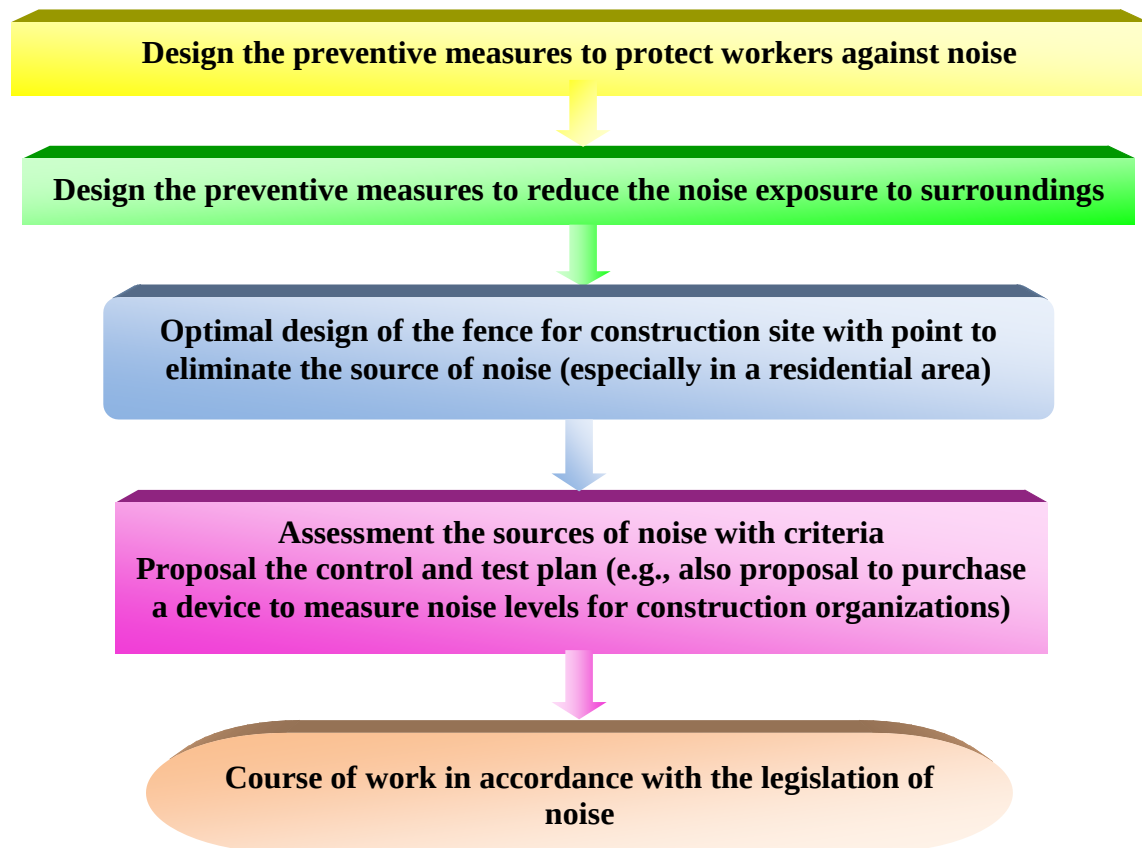
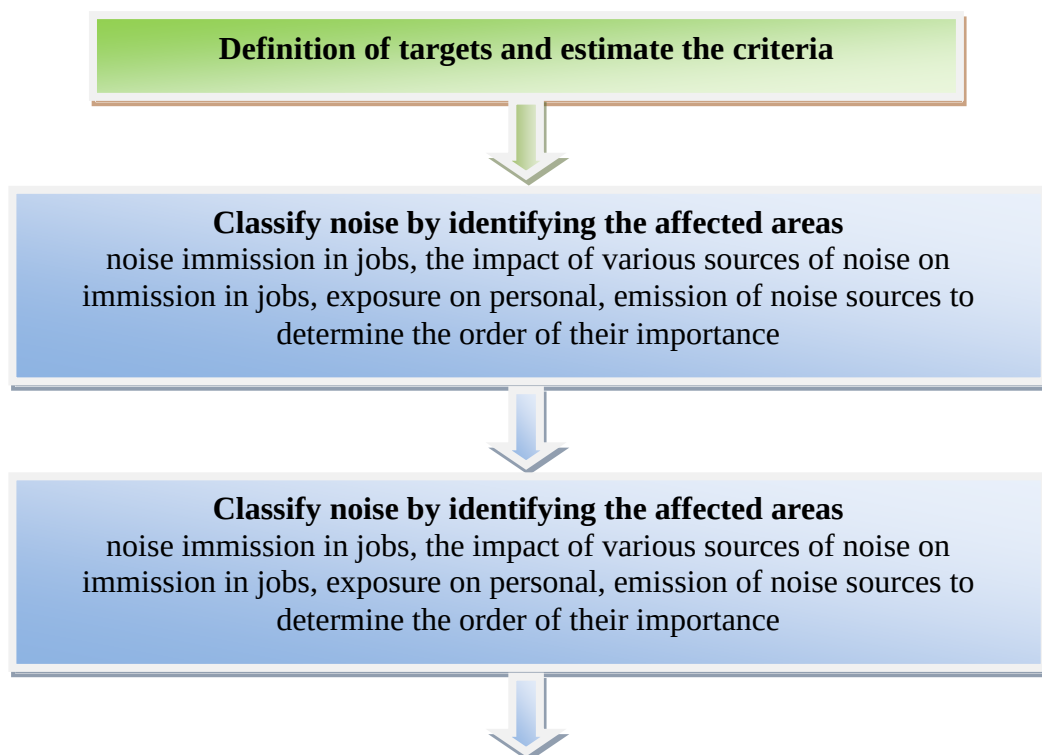


Figure 1 Procedural steps for the methodology to minimize the negative impact of noise

3 SYSTEM STRATEGY FOR THE PROMOTION TO MINIMIZE THE IMPACT OF NOISE

Effectively minimize, reduce, or completely eliminate unwanted noise impact will be achieved only if the problem is solved systematically. When creating a system strategy to minimize noise as well as in applying preventive measures to reduce noise on new or existing sites (work), I suggest following these steps:



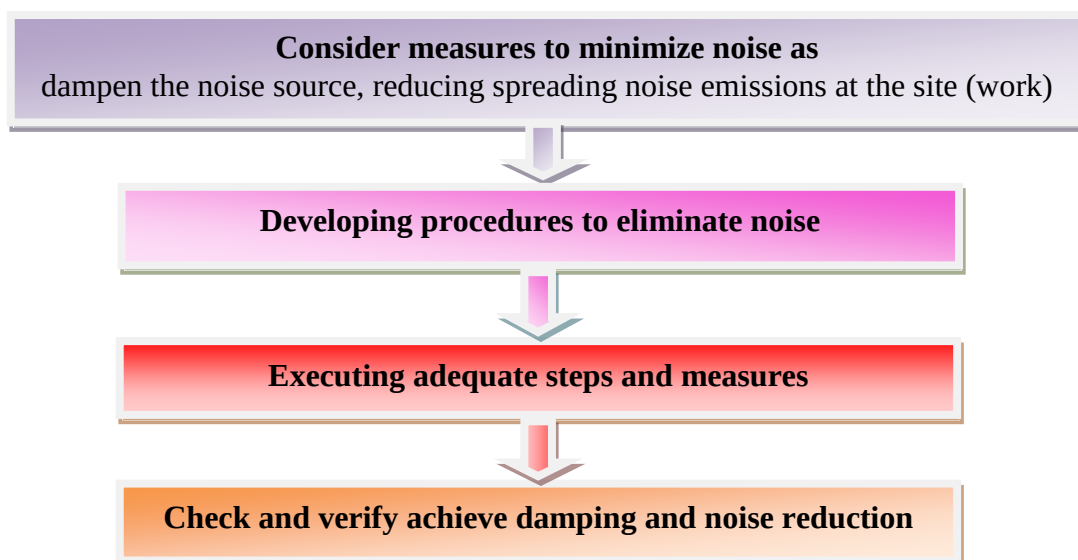


Figure 2 Procedural steps of system strategy for the supporting of noise reduction

The primary intention of minimizing the negative impact of noise must be based on the idea that the noise must be the most effectively eliminate to the lowest possible levels. The basic objectives of reducing adverse noise can be expressed by using appropriate parameters – immission and exposure noise levels. However, we normally take into account the value of A weighting to noise emission and noise exposures that do not exceed the noise limits set out in the Government number 115/2006 collection of laws about the minimum health and safety requirements for the protection of workers from risks related to exposure of noise.

Reducing noise can be achieved by implementing and application a variety of technical and construction precautions. Such measures are:

- dampen and reduction the sources of noise (e.g., construction equipment, work processes, work practices)
- dampen and noise reduction through streamlining, improving its absorption in its extension (e.g., application covers, barriers, screens, sound absorbing wall)
- reduce and minimize noise in set locations (e.g., the sound – insulating cabin, personal protective equipment for hearing protection).

Construction – technical steps and measures to reduce the negative impact of noise should be applied by manner that will reflect the current state of the technique in area of noise reduction. This creates a need to confront and define the efficiency and effectiveness of these measures. We use the acoustic parameters that define the acoustic properties of noise sources, elimination and reduction of noise achieved at the site (work) when the sound source is in operation and after the application of preventive measures.

Individual preventive steps to eliminate and reduce the noise can significantly change the character of the surroundings machine – man. I recommend that all interested parties have used every design of preventive steps and measures and actively by participating involved in its preparation. Representatives or leaders of various functions such as management, planners, purchasing department, commission for hygiene and safety work, maintenance, technical and production departments, technical personnel, labor unions and even the workers themselves should actively participate in the preparation of such preventive measures.

In many cases, I recommend to involve external parties such as authorities for hygiene and safety work, experts of acoustics, ergonomics and so on. To ensure the effective participation of all concerned sides is needed to prevent the relevant and appropriate information or

trainings. Cooperation between representatives of the company and external parties ensuring that the selection of preventive measures to minimize the adverse impact of noise is taking into account any specific links for designed project. The success of reducing or partial eliminating of the negative impact of noise also depends on the active and commitment implementing the management of organization in this process.

4 ALOGITMUS OF MANAGING THE RISK OF NOISE

In managing the risk of noise I suggest to proceed the following structure of the algorithm (the basic methodology) for improving process to reduce and minimize the negative impact of noise.

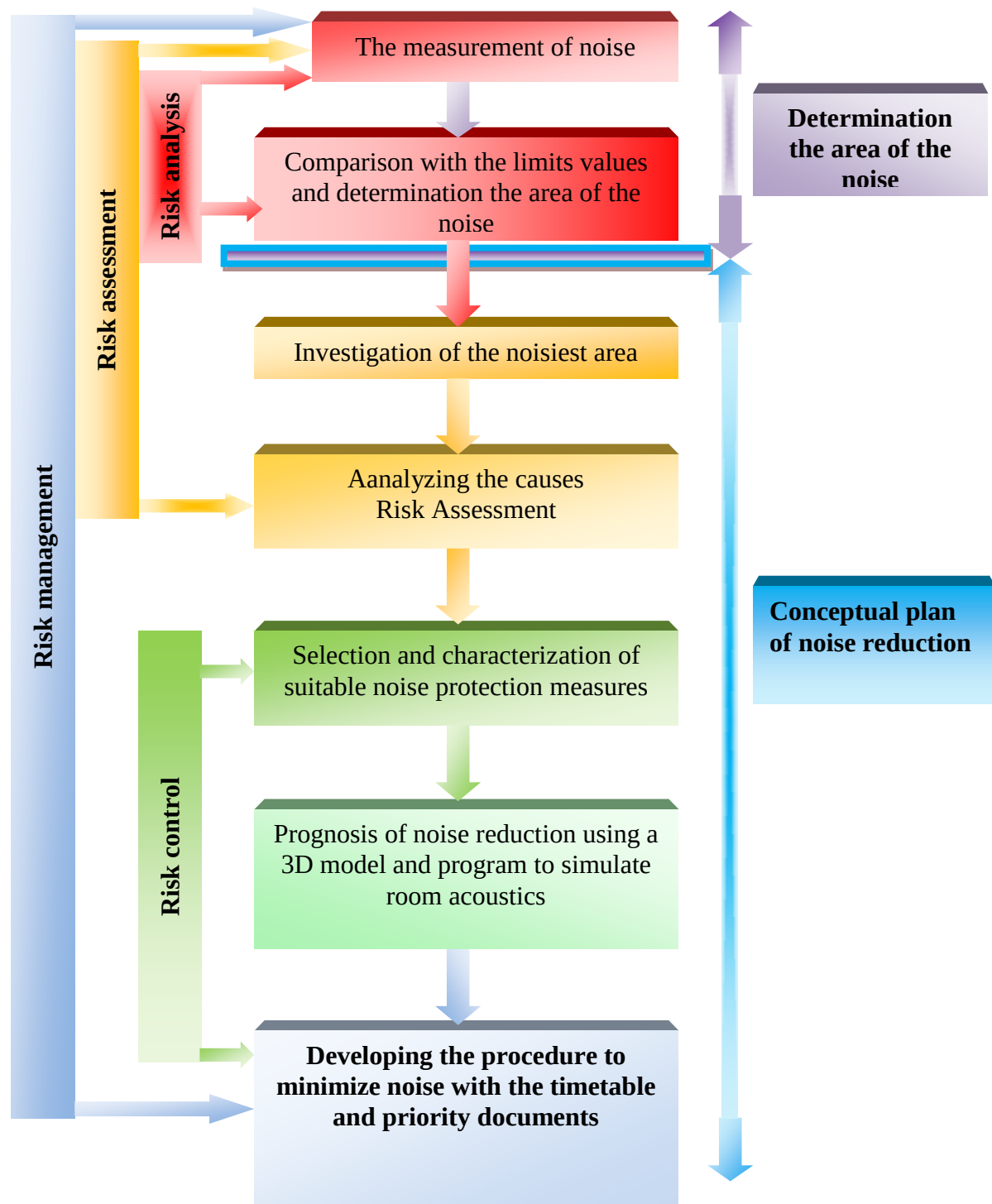


Figure 3 The basic methodology for the process of improvement the system to minimize the negative impact of noise

For construction organizations, I suggest in process of assessing the risks of noise exposure to assess the level of noise to which workers are exposed and if it is necessary to ensure the measurement of noise level, which should not be forgotten:

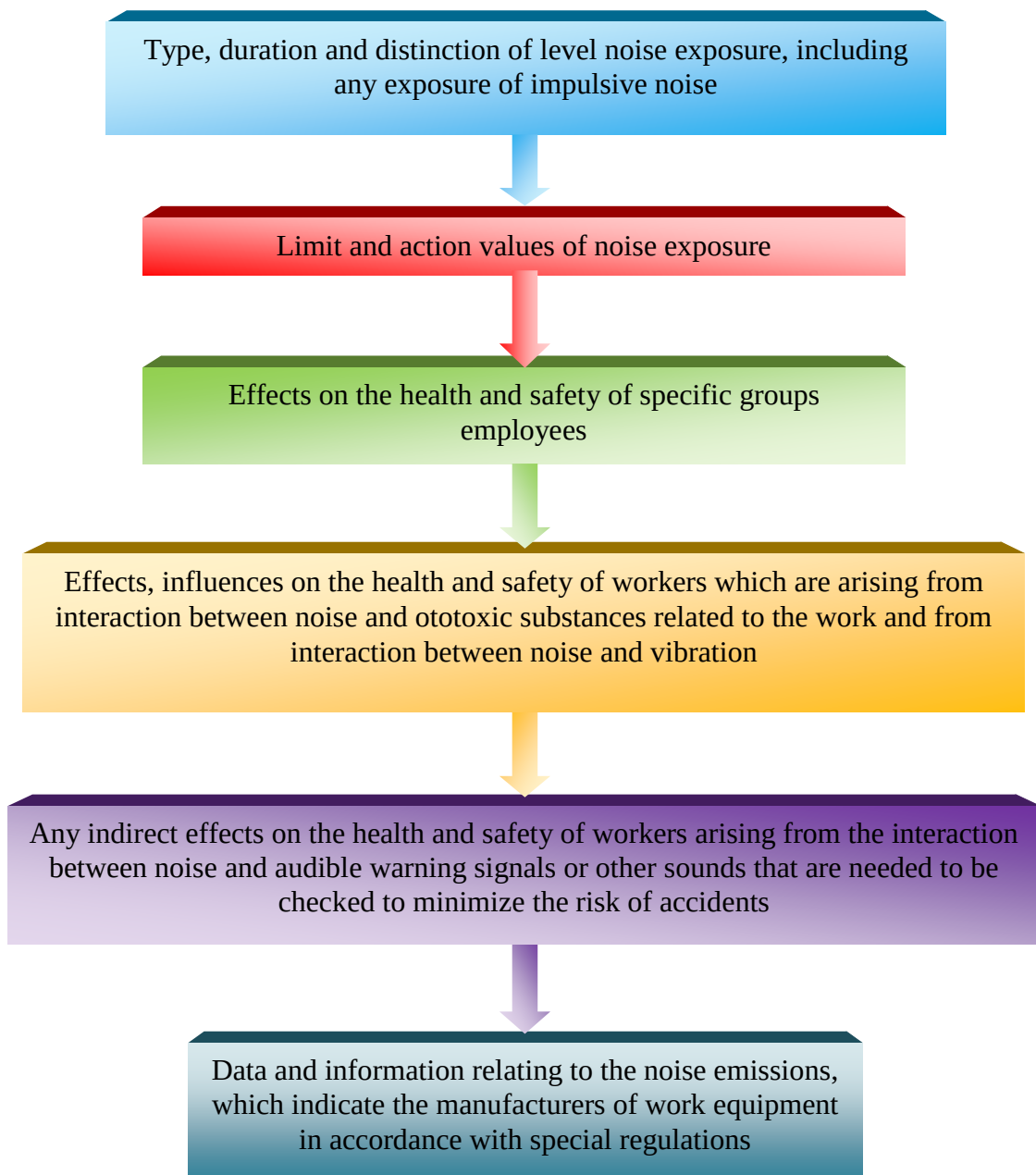


Figure 4 The primary principle of construction organization to assess the risks from noise exposure

5 CONCLUSION

At present, the noise is still in term of risk one of the most common factors in the working environment. Minimize the negative impact of noise in the process of construction should be an effective tool to protect construction workers, residents and the environment itself. Reduce the negative impact of noise or the assessment of potential risks and truthful information about the possible effects is very complicated and important process. Efficiency can be achieved with proper selection and application of the methodology.

The main purpose of this paper is to define the primary process steps of selected part from a comprehensive methodology to minimize the negative impact of noise on workers and the surrounding buildings, which integrates the system strategy and system tools to complex structures, which result is a reduction of noise exposure. This fact helps to employees of construction organizations to perceive the issue of noise significantly greater. Introduce procedure of this methodology could serve as a subsidiary tool for reporting about the possible effects of noise exposure on the health of workers, the environment and therefore on the final quality of construction product.

Sources

1. BALAŽÍKOVÁ, M. The methodology of prediction of noise in the workplace. [online]. Košice: Department of safety and quality produce. Sjf TU in Košice, 2008. [cite 2012-17-08]. Available on the Internet: http://www.bozpinfo.cz/win/knihovna-bozp/citarna/tema_tydne/hluksk08081117.algo.html>. ISSN 801-0334
2. TOMAŠOVIČ, P., DLHÝ, D., GAŠPAROVIČOVÁ, V., RYCHTÁRIKOVÁ, M.: Acoustics of buildings. Building and urban acoustics. Bratislava, STU 2011, ISBN 978-80-227-3019-8
3. STN EN ISO 9612:2010 Acoustics. Determination of noise exposure in the work environment. Engineering method. (ISO 9612:2009). 2010
4. Government of Slovak republic number 115/2006 collection of laws about the minimum health and safety requirements for the protection of workers from risks related to exposure of noise (part 47/2006)

Contact

Ing. Ondrej Kováčik

Slovak University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Department of Building Technology

Radlinského 11, 813 68 Bratislava

email: xkovaciko@gmail.com

ÚČINKY VETRA A VETERNÁ POHODA CHODCOV V ZASTAVANÝCH OBLASTIACH

WIND ACTION AND PEDESTRIAN WIND COMFORT IN BUILT-UP AREAS

Olga Hubová

Abstrakt

Výškové budovy v zastavaných územiach ovplyvňujú úroveň chodcov v okolí. Nepříjemný nárazový vietor hlavne medzi budovami a tiež na nárožiach, v prechodoch a pasážach mení tieto územia na nepříjemné a často až nebezpečné. Parametrické štúdie vo veterných tuneloch sledovali vplyv šírky, výšky a medzery medzi budovami na územia v oblasti pohybu chodcov. V článku sa budeme zaoberať pripravovaným projektom Bory Mall v Bratislave, kde stanovíme nepriaznivé oblasti s vysokými rýchlosťami vetra a budeme sa snažiť nájsť optimálne geometrické usporiadanie z hľadiska chodcov.

Kľúčové slová: *intenzita turbulencie, efektívna hodnota rýchlosti vetra, špičkový faktor, kritéria veternej pohody*

Abstract

The high-rise buildings in built-up areas affect the surrounding pedestrian-level wind environment. Unpleasant gust strong wind especially between the buildings, on corners and the crossing points, passages will experience these locations as not comfortable or danger. The series of parametric wind tunnel studies was carried out to investigate the effects of building width, height and the gap width between buildings on the pedestrian-level wind environment. In the article we will discuss this issue for Bory Mall project in Bratislava and we will indicate the high wind speed areas for discomfort under strong wind conditions and try to find optimal solutions for pedestrians.

Key words: *turbulence intensity, effective wind speed, peak coefficient, wind comfort criteria*

1 ÚVOD

Environmentálne štúdie prúdenia v medznej vrstve v okolí budov s ohľadom na pohodu chodcov boli spracované viacerými autormi (Wiren 1975, Stathopoulos and Storms 1986, Uematsu 1992, Jamieson et al. 1992, Stathopoulos and Wu 1995, To and Lam 1995, Blocken et al. 2007, 2008). Výsledkom parametrických štúdií z veterných tunelov je sledovanie závislosti geometrie objektov a vzdialenosti medzi nimi na oblasť prúdenia v úrovni chodcov zvlášť na zóny s vysokými rýchlosťami vetra, ktoré sa objavujú v nárožiach, pasážach a prechodoch a tiež v oblastiach medzi dvojicami vysokých objektov.

2 NÁRAZOVÝ VIETOR

Účinky vetra sa skladajú z dvoch zložiek, strednej hodnoty rýchlosti vetra zväčšenej o turbulentnú zložku spôsobenú nárazmi vetra, ktorá je zohľadnená v súčiniteli špičiek nárazov $g(t)$. Maximálna hodnota rýchlosti vetra sa určí nasledovne:

$$\hat{v} = v_m(z) + g(t) \cdot \sigma_v(z) = v_m(z) \cdot [1 + g(t) \cdot I_v(z)] \quad (1)$$

kde $v_m(z)$ je stredná hodnota rýchlosti vetra vo výške z ,
 $g(t)$ je špičkový faktor, t je čas referenčnej rýchlosti,
 $\sigma_v(z)$ je smerodajná odchýlka turbulencie

$$I_v(z) = \frac{\sigma_v}{v_m(z)} \quad \text{je intenzita turbulencie vo výške } z$$

Tlak vetra pri špičkovej rýchlosti:

$$\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \bar{v}^2 = q_m(z) \cdot [1 + g(t) \cdot I_v(z)]^2 = q_m(z) \cdot [1 + 2 \cdot g(t) \cdot I_v(z) + g^2(t) \cdot I_v^2(z)] \quad (2)$$

Zjednodušenie vzťahu (2) získame zanedbaním kvadratického člena a zavedením súčiniteľa špičiek na základe meteorologických meraní s uvažovaním $g(t) = g = 3 \div 3,5$. Špičkový tlak podľa EN 1991-1-4 (1.) vyjadruje vzťah (3), kde je súčiniteľ špičiek $g(t) = 3,5$.

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot 1/2 \cdot \rho \cdot v_m^2(z) \quad (3)$$

$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$ je hustota vzduchu.

Člen $g^2(t) \cdot I_v^2(z)$ možno zanedbať vo väčších výškach nad zemou (napr. v horných častiach výškových objektov, veží, stožiarov, kde je intenzita turbulencie nízka $I_v(z) \approx 0,1 \div 0,15$). Kvadratická zložka sa naopak musí zohľadniť v urbanizovanom teréne nízko pri povrchu, kde dosahuje intenzita turbulencie hodnoty $0,3 \div 0,43$.

3 KRITÉRIA VETRNEJ POHODY

Nepohodu chodcov spôsobuje nielen stredná rýchlosť vetra v_m zhruba vo výške 2 m nad zemou, ale aj nárazy vetra vyjadrené smerodajnou odchýlkou fluktuatívnej rýchlosti σ_v . Definícia efektívnej rýchlosti, ktorú pociťujú chodci, sa určí nasledovne:

$$V_{ef} = v_m(z=2) \cdot [1 + g \cdot I_v(z=2)] \quad (4)$$

pre $g = 3$

Na základe efektívnej rýchlosti sú určené stupne nepohody a vplyvy na chodcov (Tab.1).

Tab. 1 Stupne nepohody

$V_{ef} [\text{m.s}^{-1}]$	Nepohoda
6	Prvé pocity
9	Chôdza je ovplyvnená
15	Chôdza je obtiažna
20	Nebezpečný stav

V súčasnosti nie sú určené jednotné pravidlá pre veternú pohodu chodcov, ktoré by platili pre celú Európu. Každá krajina má svoje kritéria, ktoré sú založené na dvoch nezávislých parametroch a to efektívnej rýchlosti vetra a pravdepodobnosti jej prekročenia.

V roku 2004 bola usporiadaná konferencia COST C14, ktorej hlavným cieľom bolo zjednotiť výsledky z Európskych výskumných pracovísk a inštitúcií zaoberajúcich sa veternou problematikou.

Porovnanie rôznych kritérií pre definíciu nepohody chodcov z niekoľkých inštitúcií vidieť v Tab.2. Efektívne rýchlosti vetra ktoré uvádzajú sú rozdielne, lebo sú postavené na odlišných

meraniach ako dĺžka pozorovania (10 minút až 1 hodina) a výška, v ktorej sa rýchlosť vetra merala (1,5 až 2m) a dokonca aj ročné obdobie, v ktorom boli merania uskutočnené.

Tab.2 Kritéria veternej pohody podľa rôznych inštitúcií

Inštitúcia (skratka)	Dĺžka pozorovania a výška merania		Kategória							
			Nebezpečné		Beh		Chôdza		Sedenie	
			v [m.s ⁻¹]	P _{exc} [%]	v [m.s ⁻¹]	P _{exc} [%]	v [m.s ⁻¹]	P _{exc} [%]	v [m.s ⁻¹]	P _{exc} [%]
BRISTOL	1hod, 2m		15	0,02	10	5	8	5	4	5
CON	1 hod, 2 m	leto	20	1	6	25	6	15	6	10
		zima	20	1	4	25	4	15	4	10
CSTB	10 min, 1,5m		18	5	20	5	10	5	5	5
DMI	10 min, 1,5m		5	53	5	50	5	34	5	3

kde v - efektívna rýchlosť [m.s⁻¹]

P_{exc} - pravdepodobnosť dosiahnutia resp. prekročenia uvedenej efektívnej rýchlosti v [%]

4 PRÚDENIE V LOKALIÁCH MEDZI BUDOVAMI

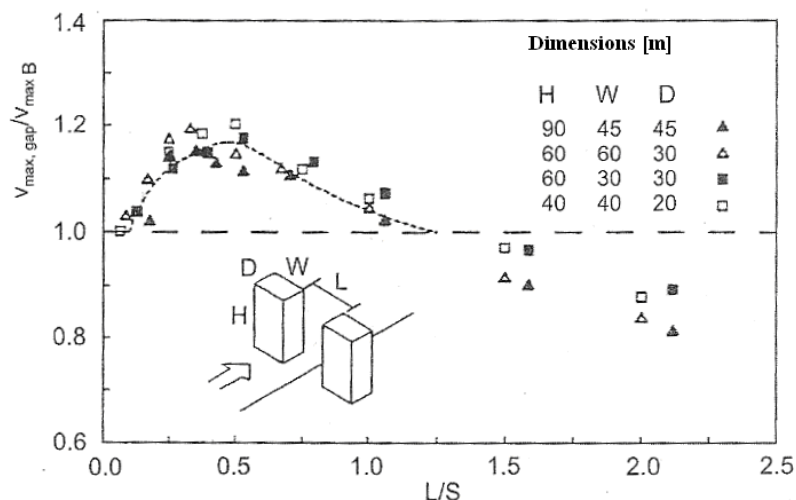
V lokalitách medzi budovami vznikajú prúdenia, ktoré môžu byť pre chodcov nepríjemné, až nebezpečné (pozri Obr.1).



Obr.1 Nepriaznivé účinky špičkového vetra v úrovni chodcov

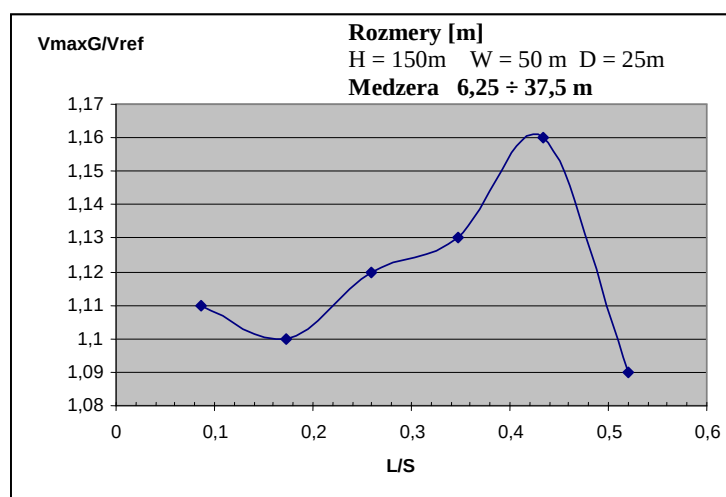
Hodne sa vyskytuje situácia prúdenia medzi dvomi vysokými budovami, ktoré formujú zúžené hrdlo s následným nárastom rýchlosti. Rýchlosť vetra medzi nimi ovplyvňuje vzdialenosť medzi budovami L a geometria objektov vyjadrená Wilsonovým koeficientom, (pozri 6.), ktorý sa určí nasledovne:

$$s = (W \cdot H^2)^{1/3} \text{ pre } W > H \quad \text{a} \quad s = (H \cdot W^2)^{1/3} \text{ pre } H > W \quad (5)$$



Obr. 2 Prúdenie medzi párom vysokých budov

S nárastom výšky budov sa zosilňuje nárazový vietor v úrovni pohybu chodcov. Analýza vplyvu vzdialenosti páru vysokých budov a experimentálne merania vo vernom tuneli (pozri 7.) dávajú možnosť optimalizovať nárazovú rýchlosť v okolí objektov. Pokiaľ sa vzdialenosť objektov zväčšuje, maximálna normalizovaná rýchlosť vetra už ostáva konštantná a má hodnotu cca 1,09 až 1,16 (pozri Obr. 3).



Obr. 3 Vplyv vzdialenosti objektov na nárast špičkovej rýchlosti pri zemi

Zaoberajme sa veternou situáciou v zástavbe objektov plánovaných v novom projekte Bory Mall v Bratislave (Obr.4).

Nová výstavba je plánovaná na severozápadnej strane v smere prevažného prúdenia vetra formovaného pohorím Malé Karpaty. Hodnota referenčnej rýchlosti vetra sa pohybuje medzi 24 – 26 m/s a jedná sa o terén kategórie III, čo je momentálne predmestie.



Obr. 4 Plánovaná výstavba na SZ Bratislavy Bory Mall

Podľa EN 1991-1-4 (1.) je definovaná hodnota strednej rýchlosti vetra vo výške z nasledovne:

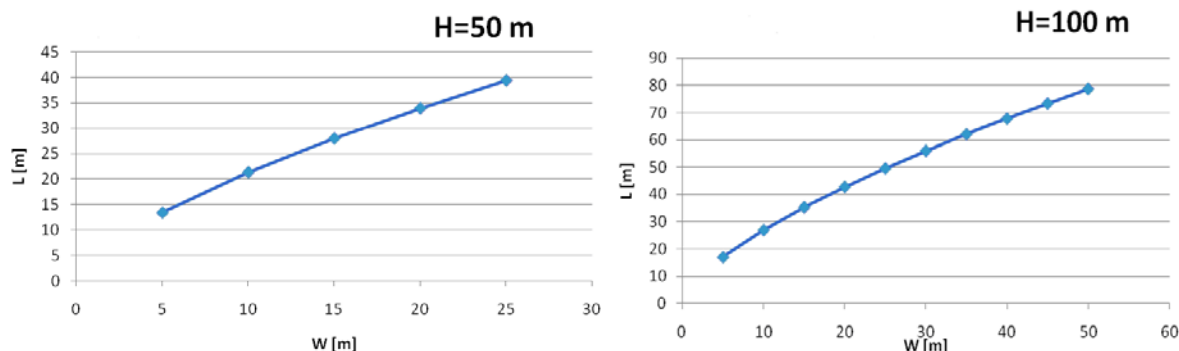
$$v_m(z) = c_o(z) \cdot c_r(z) \cdot v_b = k_r \cdot \ln(z/z_0) \cdot 1 \cdot v_b = 0,19 \cdot (z/z_{0,II})^{0,07} \cdot \ln(z/z_0) \cdot 1 \cdot v_b \quad (6)$$

Pre terén kategórie III a severozápadné prúdenie vetra je referenčná hodnota vo vrchole výškovej budovy podľa vzťahu (6) v Tab.3.

Tab. 3 Referenčná rýchlosť vetra vo vrcholoch objektov

Fundamentálna hodnota v_b		Výška budovy H [m]				
		50	75	100	125	150
Terrén III	24	26,45	28,54	30,03	31,18	32,13
	26	28,65	30,92	32,53	33,78	34,8

Úlohou je nájsť optimálnu geometriu objektov vzhľadom na veternú situáciu v úrovni chodcov. Vzhľadom na pomerne výrazné severozápadné prúdenie vetra s vysokými referenčnými hodnotami rýchlosti vetra je potrebné vhodne usporiadať a navrhnuť objekty v plánovanej zástavbe. Pokiaľ chceme minimalizovať rýchlosť medzi budovami v úrovni chodcov, tak je vhodné splniť nasledujúcu podmienku: $L / S \geq 1,25$ (pozri Obr.1). Pre dvojicu budov sú vhodné rozmery v závislosti na geometrii objektov a medzere medzi nimi vynesené na Obr. 5 v krivkách.



Obr. 5 Návrh optimálnej geometrie z hľadiska veternej pohody v úrovni chodcov

5 ZÁVER A ZHODNOTENIE

Cieľom príspevku bolo analyzovať účinky vetra v úrovni chodcov, v blízkosti výškových konštrukcií v hustej mestskej zástavbe, s cieľom minimalizovať negatívne vplyvy efektívneho nárazového vetra, ktorý sa formuje v drsnom teréne pri zemi a je priamo ovplyvnený geometriou a rozmiestnením objektov. Analýza dvojice objektov rôznych výšok v plánovanej novej výstavbe umožňuje hľadať optimálne riešenia, ktoré v spolupráci a architektmi a územným plánovaním umožnia vytvárať príjemné zóny v okolí budov.

PodĎakovanie

Táto práca vznikla s podporou Grantovej agentúry VEGA Slovenskej republiky (grant č. 1/1119/11).

Použitá literatúra

(podľa normy ČSN ISO 690)

1. EN 1991-1-4 Eurocode 1: Basis of Design and Actions on Structures, Part 1-4: Wind Actions, 2005
2. HUBOVÁ, O.: *The effect of the wind on the structure*, Slovak Journal of Civil Engineering 2007/3, Volume XV, ISSN 1210-3896.
3. FISHER, O., - KOLOUŠEK, V., - PIRNER, M.: *Aeroelasticita stavebních konstrukcií*, Academia Praha 1977
4. PETERSEN, CH.: *Dynamik der Baukonstruktionen*, Braunschweig/Wiesbaden, 1996, Friedr. Vieweg & Sohn Verlag-gesellschaft mbH, ISBN 3-528-08123-6 (1996).
5. PIRNER, M. – FISCHER, O.: *Zatížení staveb větrem*, ČKAIT, Praha 2003
6. STHATHOPOULOS, T.-WU, H. – BÉDANT, C.: *Wind environment around buildings: a knowledge – based approach*, JWE and IA, 41-44, p.2377-2388 (1992).
7. TSANG, C.W. – KWORK, K.C.S. – HITCHOCK, P.A.: *Effects of building dimensions and separations on pedestrian – level environment*. 5th European & African Conference on Wind Engineering, Florence Italy, 19-23.7. 2009.

Kontaktné údaje

Doc. Ing. Oľga Hubová, PhD.

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta

Radlinského 11, 813 68 Bratislava

Tel: +421259274641

email: olga.hubova@stuba.sk

CHOVÁNÍ STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ VE STŘÍDAVÉM ELEKTRICKÉM POLI

BUILDING MATERIALS PROPERTIES CHARACTERISED BY ALTERNATING ELECTRIC FIELD

Ivo Kusák, Miroslav Luňák, Luboš Pazdera

Abstrakt

Kvalita betonu závisí na tuhnutí a tvrdnutí. Sledování tohoto děje je možné některými metodami nedestruktivního testování. Metodou impedanční spektroskopie, která patří do skupiny metod Nedestruktivního testování, byly charakterizovány vzorky betonu a sledovány změny ve spektru při jeho hydrataci. Byly pozorovány rozdíly ve spektru $\tan \delta(f)$ a $\text{Im } Z(f)$ resp. $\text{Re } Z(f)$ u vzorků a popsána kvalita pomocí druhu ztrát dominujících v materiálu. Z výsledků lze očekávat korelaci mezi n-faktorem získaným metodou impedanční spektroskopie a dobou tuhnutí betonu.

Klíčová slova: *impedanční spektroskopie, dielektrické ztráty, ztrátový činitel, vodivosti ztráty, polarizační ztráty*

Abstract

NDT method of impedance spectroscopy was used to characterize concrete slab specimens without and with contact graphite compound coating. Differences in $\tan \delta(f)$, $\text{Im } Z(f)$ and $\text{Re } Z(f)$ spectra for dry specimens were observed. Furthermore, based on the predominant loss type, the material quality was characterized. Our measurements confirmed the reproducibility of this method. Furthermore, the influence of the concrete specimen composition on their electric parameters was assessed.

Key words: *impedance spectroscopy, dielectric losses, loss factor, conductivity losses, polarization losses*

1 INTRODUCTION

The impedance spectroscopy is a non-destructive testing method employing the impedance characteristic frequency dependence to analyzing the properties of the material in question. The experiment set-up designed to study the system under investigation includes: a metal-material-metal network, which is relevant for identifying the application limits of the impedance spectroscopy method. The method cannot be applied to thick-layer low-conductivity materials. Reinforced concrete products may serve as an example. The principle of the mentioned method consists in studying the dielectric losses versus frequency plots. The dielectric losses of composite materials and plastics can assume values which are many times as high as those of most material commonly used in the building industry.

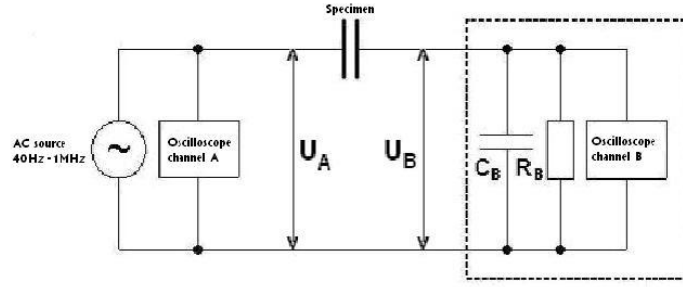


Fig. 1. Measuring set-up and one of specimens. [1].

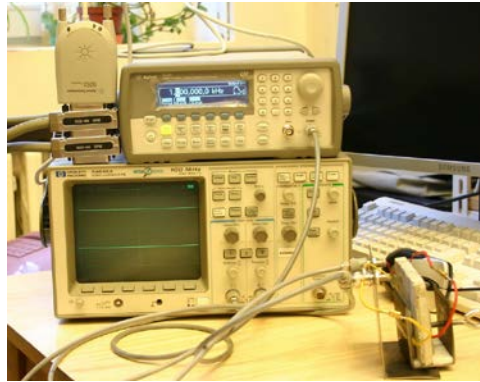


Fig. 2. Circuit diagram of the measuring set-up: AC power supply, specimen under test, double-channel oscilloscope [1].

Analysis of impedance spectra of inhomogeneous materials is a part of the impedance spectroscopy which is still waiting for its development. At present, one is not able to determine unambiguously the individual material component contributions to the total electric conductivity and polarization at various frequencies of the exciting field. Materials having higher electric resistance values (over 500 kΩ) can be regarded – under certain simplifying assumptions – as dielectrics. A theory of dielectric polarization was formulated by Debye [12,13] for homogeneous materials. However, experiments carried out on real materials and the respective conclusions did not show to be in agreement with the fundamentals theories. K S Cole and R H Cole and, also, Fuoss and Kirkwood, started from the Debye's theory to derive models of a dielectric which appear to fit experiment results and conclusions [12] more closely. The behavior of a dielectric in an AC electric field is best described in terms of the complex relative permittivity. Debye has derived a formula for the complex relative permittivity, ε^* , of weakly polar liquid dielectrics, as follows:

$$\varepsilon^*(j\omega) = \varepsilon_\infty + \frac{\varepsilon_s - \varepsilon_\infty}{1 + j\omega\tau}. \quad (1)$$

Here τ is the relaxation time, independent of the time, however dependent on the temperature, ε_s - static permittivity (frequency $\rightarrow 0$ Hz), ε_∞ - optical permittivity (frequency $\rightarrow \infty$ Hz), angular frequency $\omega=2\pi f$, f - frequency of the exciting electric field [12, 13].

Following equation holds for the loss factor $\tan \delta$:

$$\tan \delta = \frac{\varepsilon''(\omega)}{\varepsilon'(\omega)} = -\frac{(\varepsilon_s - \varepsilon_\infty)\omega\tau}{\varepsilon_s + \varepsilon_\infty\omega^2\tau^2}. \quad (2)$$

There are several different relaxation times in a real dielectric. Their distribution is described by a distribution function. Exact determination of a suitable distribution function being difficult, an approximation by a properly selected analytical function is usually carried out. According to Cole's, the complex relative permittivity can be expressed as follows [7]:

$$\varepsilon^*(j\omega) = \varepsilon_\infty + \frac{\varepsilon_s - \varepsilon_\infty}{1 + (j\omega\tau_1)^{1-\alpha}}. \quad (3)$$

Here, τ_1 is the most probable relaxation time, around which the particular relaxation times are distributed according to a distribution function $f(\tau)$, where α is a distribution parameter ($0 < \alpha < 1$).

J R Macdonald [13] made a reference to the formal equivalence between the complex relative permittivity as described by equations (1), (3), and the formulas for a complex impedance Z . Formulas for the real and imaginary components of the complex relative permittivity have been derived and, based on the above mentioned equivalence, equations for the components of the complex specific impedance have been obtained. Using an appropriate software package, parameters of the two model types have been searched for the material under investigation. The degree of correlation between the model and experiment properties is expressed by means of Pearson's correlation coefficient r [12].

The frequency dependence of the quantities studied by the impedance spectroscopy method is determined from the relative voltage (U_B/U_A) and the phase shift ($\Delta\phi$) between the double-channel oscilloscope A and B-channels (Fig. 2).

An external electric field gives rise to dielectric losses in the specimen in consequence of three different effects:

Dipole polarization relaxation: It occurs in polar materials. Being accompanied by energy losses in a dielectric, it is temperature and frequency dependent. The set-up time: 10^{-12} to 10^{-8} s in low-molecular compounds, being a great many orders of magnitude higher in macromolecular compounds.

Ion polarization relaxation: It occurs in non-dense ion-packing ion solids (inorganic glasses, ceramics). Being accompanied by energy losses in a dielectric, it is temperature and frequency dependent. The set-up time: 10^{-13} to 10^{-8} s.

Electric conductivity: Losses arise in both DC and AC conductivity processes, giving rise to the electric field losses and their conversion into Joulean heat. The physical nature of the losses consists in free-charge-carrier scattering by oscillating particles constituting the solid structure.

The relaxation polarization is a phenomenon which is characterized by slow response, by contrast to the elastic polarization, in which the recovery is almost instantaneous. Let polar particles of different kind exist in a dielectric being only loosely bound to their neighbours. These particles will simultaneously perform oscillations and chaotic displacements with respect to their environment. If an external electric field is applied, these thermal movements will be gradually aligned with the direction of this electric field. In this way, there arises a non-symmetric distribution of electric charges, thus giving rise to a dipole moment. Both the polarization growth and decrease (after the external electric field is switched off) are proceeding slowly. The relaxation polarization is temperature dependent, being always accompanied by dielectric losses and dielectric heating. Thermal ionic polarization and thermal dielectric (dipole) polarization are the main types in this category.

2 MATERIAL TO BE MEASURED

For the impedance spectroscopy measurements, our concrete specimens of dimensions 100 mm x 100 mm x 400 mm (Fig. 3) have been split so as to reduce their thickness to 10 mm, i.e., 100 mm x 100 mm x 10 mm.

The specimen composition follows from the formula, see table 1:

Table 1. Concrete component percentage

C 30/37 XF4, S4, surface NH		
	kg/m ³	%
CEM I 42,5R	320	14,45
Slug 420	100	4,52
Water	210	9,48
Spolostan 7L	4	0,18
Chrysoair	0,15	0,01
Halámky D5 0/4	800	36,13
Rejta 4/8	280	12,65
Rejta 8/16	500	22,58



Fig. 3 Two concrete specimens intended for the temperature measurement, immediately after having been poured into the beams.

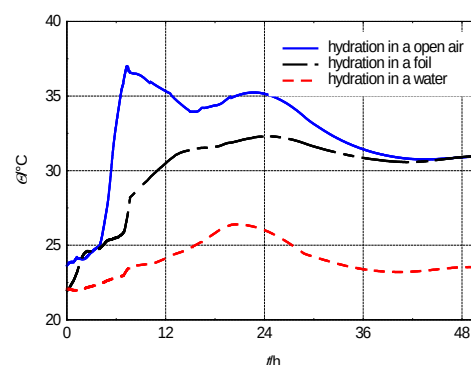


Fig. 4. Monitoring the temperature inside the concrete specimens during the concrete setting process.

3 EXPERIMENTAL SET UP

The experiments, described below, was making by using sinus signal generator Agilent 33220A and Agilent 54645A oscilloscope (Fig. 1):

Experiment 1: The experiment was designed so as to provide distinguishable impedance spectra of self-setting concrete during the setting process.

Experiment 2: The concrete samples were characterized after 15 days. The samples were saved at the different environment (water, air, plastic foil).

The *specimens* under investigation were inserted between two electrodes (which were pressed against the specimens using a screw fixture) and subsequently subjected to the impedance analysis.

The loss factor frequency dependence was obtained by using specific software for measurement instruments control. So the frequency dependent of imaginary part of specific impedance versus real part of specific impedance was obtained. The specific impedance values were calculated of experimental values. Of created and calculated models was determined the coefficients values, which are expressed on the Table 2.

4 MEASUREMENT RESULTS

4.1 Experiment 1

The porosity or the porosity degree is related to the impedance imaginary component $\text{Im}(Z)$ versus the impedance real component $\text{Re}(Z)$ plot. In this plot, we can determine the angle made by the abscissa (line connecting the arc starting point with the arc centre with the impedance real axis (see Fig. 5 - the angle made by the straight line with the real axis). Putting the mentioned angle θ into the formula, we can calculate the value of the n-factor, characterizing the specimen porosity degree:

$$n = 1 - (2\theta / \pi) \quad (4)$$

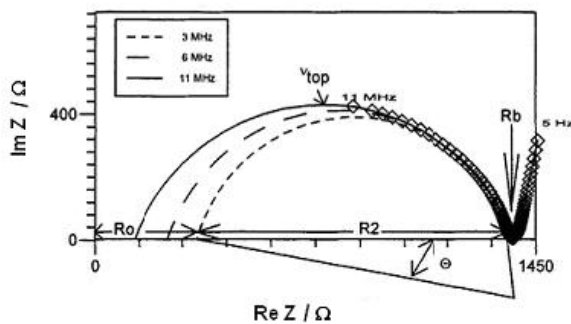


Fig. 5. Illustration of an impedance imaginary component $\text{Im}(Z)$ versus the impedance real component $\text{Re}(Z)$ plot. [8].

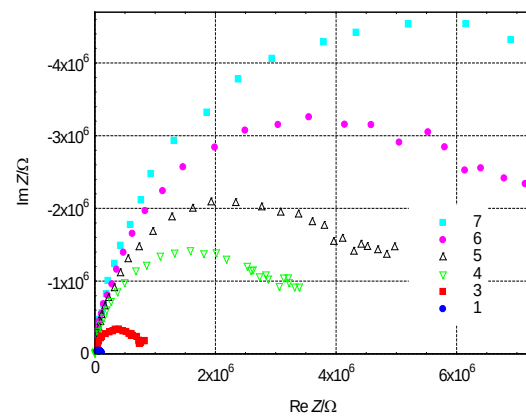


Fig. 6. Impedance imaginary component $\text{Im}(Z)$ versus the impedance real component $\text{Re}(Z)$ plot.

The table 2 shows n-factors for different hydration stages calculated from the impedance imaginary and real parts:

Table 2. Calculated values of the n-factor in the course of concrete hydration. The concrete was fabricated on 29.03.2011

Measurement date	Setting period (days)	n
30.3.2011	1	0,618
2.4.2011	3	0,899
3.4.2011	4	0,908
4.4.2011	5	0,930
5.4.2011	6	0,932
6.4.2011	7	0,933

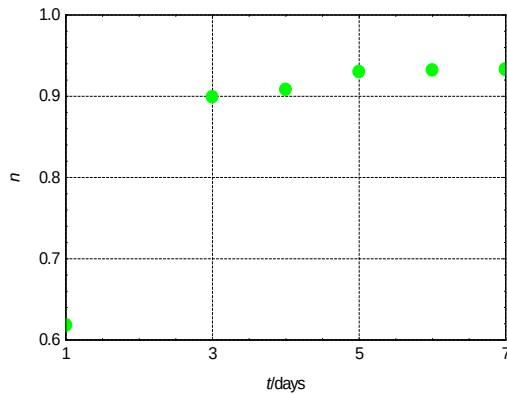


Fig. 7. The n-factor versus time of hydration dependent.

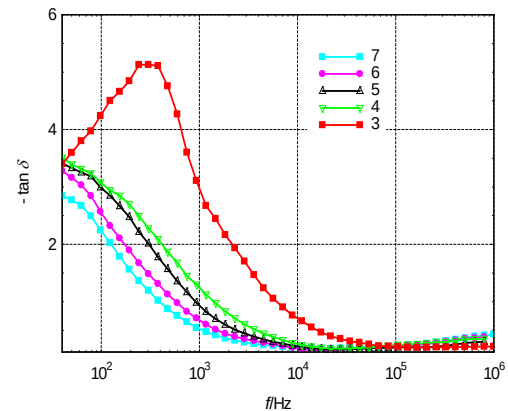


Fig. 8. Loss factor versus frequency plot for a concrete specimen (the frequency being plotted in log scale).

It is clearly seen that the n-factor grows with the hydration time. It remains almost unchanged at the end of the 1-week cycle. The initial lines used in the n-factor calculations are shown in Fig. 6.

The drawback of this characteristic tracking method (Fig. 6) consists in the need for equal-thickness specimens being cut from the original specimen. From this point of view, the loss factor ($\tan \delta$) versus frequency (f) plot is more convenient (in Fig. 6, the frequency is plotted in a logarithmic scale for lucidity). The loss factor, as a parameter, is a pure material constant. It is related neither to the specimen size, nor to its dimensions [10].

In Figure 6, the curve gradation corresponds to a one-day time interval between the measurements. The values of the curve obtained after the first hydration day (30.03.2011) are by several orders of magnitude lower as compared with the other ones, so that this curve is difficult to identify in the diagram.

Fig. 8 diagram shows clearly the predominance of conductivity losses in the material (the loss factor $\tan \delta$ decreasing with the frequency) throughout all concrete hydration stages. The longer the hydration time was, the lower the loss factor values were measured (almost

throughout the whole frequency spectrum). For example, the sixth day minus the first day hydration $\tan \delta$ value is about 2.5 for the frequency of 1 kHz. It means that the material electric conductivity decreased during the hydration process. One might assume that the lower the material conductivity (which in turn is due to newly formed capillary pores) the lower loss factors at given frequencies, however, the loss factor value depends on the material permittivity, too. It follows from the $\text{Im } Z(\text{Re } Z)$ phasor diagram, that when the impedance real part is going down, the impedance imaginary part is decreasing as well. This is in a good agreement with the growing loss factor. The predominance of the polarization losses (growing trend of $\tan \delta$) was observed after the first hydration day only at frequencies below about 500 Hz. When the water content grows, the material loss factor grows as well. In general, polarization mechanisms can be used to characterize the material water content, elasticity variations, defect occurrence etc.

4.2 Experiment 2

Fig. 9 shows experimental frequency spectra of the loss factor $\tan \delta$ for the indicated range of frequencies f . The loss factor reaches maximum values at the lowest frequencies of the exciting electric field being applied.

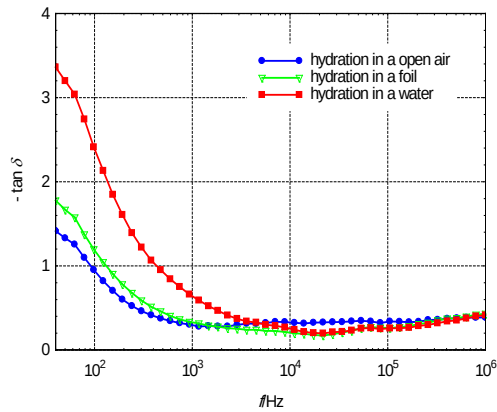


Fig. 9. The dielectric loss factor spectra versus frequency after 15 days of hydration at different environmental.

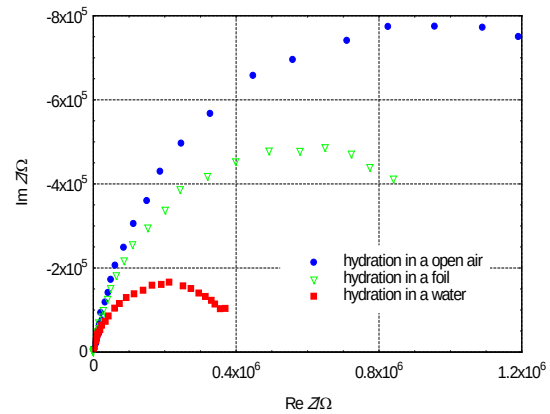


Fig. 10. The specific impedance values of concrete hydration at different environmental.

It is seen that the concrete specimens whose hydration took place in water feature a higher loss factor than those hydrated in a foil or in the open air up to a frequency of about 4 kHz, where the spectra are nearing each other. Higher values of the loss factor (Fig 9) in the spectrum low-frequency region give evidence of the relaxation processes to influence the resulting $\tan \delta$ spectrum in the low-frequency region more strongly than in the higher-frequency region. It can be presumed that a local extreme of the loss factor $\tan \delta$ is lying in the low-frequency region (outside the frequency range used) for the concrete specimens under investigation. For the local extreme in question, the reciprocal value of the frequency equals the most probable relaxation time of the material in the defined frequency range (for the current specimen condition, i.e., composition, hydration degree, water content). From the spectrum differences, we may infer the most probable relaxation time to be higher for the open-air-hydrating specimen. The most probable relaxation time of the foil-ageing specimen appears to be closest to the most probable relaxation time of the specimen in question, the relaxation time distribution being similar to that of the open-air-hydrating specimen. From 4 kHz upwards, all loss factor curves show fluctuations, however, a trend is clearly apparent.

The specimen that has hydrated in the open air shows different loss factor values than the other specimens in the frequency interval from 9 kHz to 100 kHz. All spectra show a slight loss factor increase in the high frequency region. This can be explained by either the presence of water in the aggregates or in the specific aggregate kind (Halámky stone quarry – 0/4 fraction – kind of granite). The second hypothesis is in a better agreement with the conclusions concerning the characterization of the kinds of granite in dry and wet condition by means of the impedance spectroscopy method [3]. The specific impedance spectra as measured on the material under investigation are in a good agreement with the theory of a semi-circle (Cole's, MacDonald) [12,13], whose centre has been shifted downwards below the horizontal axis (see illustrative Fig. 5).

The lowest specific impedance values have been observed throughout the exciting electric signal spectrum (the frequency is growing from the right-hand-side of the diagram to the left-hand-side, Fig. 10) for a specimen that had aged in water. At the time of the experiment, the conductivity of the specimen was higher, but the specific impedance imaginary component to the real component ratio exceeded the same ratio for other specimens. This is in a good agreement with the loss factor behavior described above. The specific impedance curves (Fig. 10) reach maximum values at different frequencies. The specimen that hydrated in the open-air peaks at 50 Hz to 60 Hz, the curve in the middle peaks at 80 Hz to 120 Hz, the last curve, at about 250 Hz.

Table 3. The model parameters values, obtain of dielectric loss factor spectra by using different hydration environment, ε_∞ - optical permittivity ($f \rightarrow \infty$), ε_s - static permittivity ($f=0$), τ - relaxation time, α - distribution parameter, r - Pearsons correlation coefficient, N - number of spectra points.

Parameter / environment	Hydration environment		
	water	plastic foil	air
ε_∞	72,3	91,6	99,8
ε_s	$5,3 \cdot 10^5$	$3,6 \cdot 10^4$	$1,3 \cdot 10^4$
τ [s]	6,4	0,964	0,473
α	0,114	0,176	0,268
r	0,9924	0,9621	0,8837
N	46	46	46

From the loss factor spectra, complex relative permittivity values for limiting values of the exciting frequency, the most probable relaxation time τ and the distribution parameter α have been obtained. The dynamic permittivity of specimen having hydrated in various environments shows a rising trend, whereas the static permittivity values tend to decrease. The most probable relaxation time confirms the estimates resulting from the analysis of the loss factor spectra. The distribution parameter α increases if the water content in the concrete hydration environment decreases. The correlation coefficient has lowest values for the open-air-ageing concrete loss factor spectra.

5 CONCLUSION

The impedance spectroscopy method was employed to characterize the concrete hydration process stages.

The resulting change in the frequency characteristics fits the assumption that the respective physical property changes are reflected in the impedance loss factor. Dielectric losses have been described. The characteristic reproducibility was good within narrow time intervals.

For open-air hydration, a relation between the porosity (its degree) and the shape of $\text{Im } Z$ (impedance imaginary component) versus $\text{Re } Z$ (impedance real component) plot has been confirmed to exist. The characteristics proved to be reproducible within narrow time intervals.

The impedance spectroscopy method has been used to characterize concrete ageing in various environments. This was confirmed by the spectrum model, which was able to identify these values. Approximation and best-fit-search of the loss factor spectrum for the concrete specimen that hardened in the open air proved to be difficult and less accurate, which is due to the low value of Pearson's correlation coefficient.

Acknowledgements

The research was conducted as a part of a GAČR Project No **P104/10/P012** "Impedance spectroscopy of concrete featuring various capillary porosity levels" and Project GACR No. **103/09/P263** "Concrete impedance spectroscopy model design and its interpretation" and P104/11/0734 "Utilization of electromagnetic and acoustic emission in research of advanced composite materials for structural applications" The authors of this paper express their thanks for this support.

This paper has been prepared with the financial support of the project „SUPMAT – Promotion of further education of research workers from advanced building material centre“. Registration number **CZ.1.07/2.3.00/20.0111**. The project is cofunded by European Social Fund and the state budget of the Czech Republic.

References

1. Kusák, I.; Luňák, M., *Tracking of concrete by means of impedance spectroscopy - electrical properties and porosity*, contribution at Proceedings of the 5th International Conference on dynamics of Civil Engineering and Transport Structures and Wind Engineering, ISBN 978-80-554-0354-0, University of Žilina, 2011
2. Plšková, I.; Chobola, Z.; Matysík, M., *Assessment of ceramic tile frost resistance by means of the frequency inspection method*, Ceramics-Silikáty 55 [2] 2011, 176-182, ISSN 0862-5468, 2011
3. Luňák, M.; Kusák, I., *An application for the impedance spectroscopy method and building material testing*, Ministry of transport, ISSN 1802-971X, Brno, 2010
4. Kusák, I., Luňák, M., Matysík, M.; Topolář, L., *Determination of the performance factor of a heat pump* (in Czech), paper in Media4u Magazine, ISSN 1214-9187, <http://www.media4u.cz/>, 2010
5. Pazdera, L.; Topolář, L.; Bílek, V.; Smutný, J.; Kusák, I.; Luňák, M., *Measuring of Concrete Properties during Hardening*, In ESA 2010. 1. CZ, Palacky University. Pages 311 - 318. ISBN 978-80-244-2533-7, 2010
6. Luňák, M.; Kusák, I.; Pazdera L.; Topolář, L., Bílek V., *Monitoring of cement-based material solidification, focusing on electrical properties*, In ESA 2010. 1. CZ, Palacky University. Pages 233-240. ISBN: 978-80-244-2533-7, 2010
7. Kusák, I.; Luňák, M., *Impedance Spectroscopy of Ceramic (Plain) Roofing Tiles*, paper in I. International Interdisciplinary Technical Conference of Young Scientist Intertech 2009, ISBN 978-83-926896-0-7, Politechnika Poznan, Poznan, Polsko, 2009
8. Luňák, M.; Kusák, I., *Debye's model of impedance spectroscopy*, presented in the

- 2nd International Interdisciplinary Technical Conference of young scientist
Proceedings, ISBN 978-83-926896-1-4, Uczelniany Samorząd Doktorantów
Politechniki Poznańskiej, Poznań, 2009
9. Luňák, M.; Kusák, I.; Pazdera, L., *Non Destructive Testing of Cetriz-Basic Wood-Cement Chipboards by Using Impedance Spectroscopy*, presented at the 10th International Conference of The Slovenian Society for Non-Destructive Testing "Application of Contemporary Non-Destructive Testing in Engineering", ISBN 978-961-90610-7-7, Slovensko društvo, Slovensko Ljubljana, 2009
 10. Kusák, I.; Luňák, M.; Pazdera, L., *Impedance spectroscopy of self-compactible concrete during the setting process* in: NDT Welding Bulletin 2/2008, Volume 18, 22-25, issued in 10/2008, ISSN 1213-3825, 2008
 11. Luňák, M.; Kusák, I.: *Impedance Spectroscopy Measurement Of Concrete Hydration By Miscellaneous Medium*, in: InterTech 2008 - International Interdisciplinary Technical Conference of Young Scientist, 122-124, Politechnika Poznań, Polska, ISBN 978-83-926896-0-7, 2008
 12. Mentlík, V: *Dielektrické prvky a systémy*, BEN – technická literatura, Praha 2006, ISBN 80-7300-189-6.
 13. Macdonald, J., R.: *Impedance spectroscopy, emphasizing solid materials and systems*, bibliography, Canada 1987.

Kontaktní údaje

Mgr. Ivo Kusák, Ph.D.

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební

Veveří 331/95, 602 00 Brno

Tel: 541 147 663

email: kusak.i@fce.vutbr.cz

Mgr. Miroslav Luňák, Ph.D.

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební

Veveří 331/95, 602 00 Brno

Tel: 541 147 659

email: lunak.m@fce.vutbr.cz

Prof. Ing. Luboš Pazdera, CSc.

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební

Veveří 331/95, 602 00 Brno

Tel: 541 147 657

email: pazdera.l@fce.vutbr.cz

POČIATOČNÉ FÁZY PROJEKTOVANIA A TRVALO UDRŽATEĽNÁ VÝSTAVBA BUDOV

SUSTAINABLE BUILDING DESIGN IN THE EARLY DESIGN STAGE

Martin Jamnický

Abstrakt

V posledných rokoch boli prijaté mnohé predpisy a regulatívy ohľadne znižovania energií, emisií CO₂ a pod. Tykajúce sa stavebných objektov. Architekti a inžinieri sú nútení brať do úvahy spotrebu energií a vplyv budov na životné prostredie svojich stavebných návrhov. V súčasnej dobe sa simulácie väčšinou využívajú až vo fáze, keď už je o koncepcii budovy rozhodnuté. Využitím BIM ako integrovaného prostriedku navrhovania je možné realizovať rýchle hodnotenie a optimalizáciu energetickej hospodárnosti už v počiatkových fázach návrhu.

Kľúčové slová: BIM, CAD, 3D model

Abstract

Due to the increased awareness of energy consumption and related CO₂ emissions, building regulations have been established over the last years. Architects and engineers are forced to consider energy consumption and the environmental impact of their building designs. Currently, performance simulation is mostly executed after the design stage and thus not integrated into design decision-making. Utilizing BIM (building information modelling) to realize a fast energy performance assessment opens up the possibility of a more integrated view on buildings during their early design stages.

Key words: BIM, CAD, 3D model

1 INTRODUCTION

Since buildings account for 70% of electricity consumption and 39% of greenhouse-gas emissions, it is clear that reducing the carbon footprint of the built environment is critical to improving our environment. The rise of LEED® (www.usgbc.org/leed) and other green building certification systems are evident examples of the building industry's commitment to sustainable design.

The ability to perform whole building energy, water, and carbon emission analyses early in the design process is essential for sustainable building design. The new applications allow architects, the majority of whom are not specially trained in these analyses, to more easily evaluate the carbon "footprint" of a building design as integrated part of the BIM workflow.

2 DIFFICULTY OF USING BUILDING SIMULATION

It is widely acclaimed that the most important design decisions concerning building sustainability are made in the early design stages by the architect or building designer. However, in common architectural practice - performance analysis to support design decision - making is used for the few building facing engineering challenges or explicitly focussing on

sustainability. The lack of design integration subsequently leads to extensive modifications to meet performance criteria. This practice also leads to buildings that might be sustainable considering their energy consumption but not in architectural -point of view. Present developments in computer applications in architecture have led to impressive results, for example in the fields of advanced geometry and computer-aided production methods. Both fields directly address the domain of the architect and are used for progression in architectural design. Computers are used to enhance the traditional toolsets. It seems obvious to extend these methods to implement building performance aspects. In the traditional architectural workflow, performance assessment is mostly done subsequently to the architectural design. It is done by an expert, in most cases an engineer. A lot of expert software exists for every type of specific and overall performance simulation of buildings and building components. Available simulation tools are therefore aimed at the expert and make expert knowledge explicit which is necessary to input the needed data, to run the simulations and to interpret the results. In the early design stages, these data are often not available. Architects are mostly non-experts considering performance simulation. As generalists, they do not know precisely about every parameter necessary to run an expert simulation. However, they know about form, materials and preferred technical systems of their building design. Building performance is measured by using mathematical calculation models based on the task. To support the decision-making, the highest level of precision is not necessary. Performance assessment for the early design stages has to show the tendencies and most important, dependencies of decisions.

2.1 Inline Energy Analysis

One of the new ways is using web-based service, for example the Autodesk Green Building Studio, which allows users to perform fast whole building energy, water, and carbon emission analyses of a Revit-based building design. These analyses can be performed by architects directly over the Internet from within their own design environment. The streamlines of the entire analysis process allow architects to get an immediate feedback on their design alternatives. Based on the building's size, type, and location the application determines the appropriate material, construction, system and equipment defaults by using regional building standards and codes to make intelligent assumptions. Using simple drop-down menus, architects can quickly change any of these settings to define specific aspects of their design: a different building orientation, a lower U-value of window glazing, or a 4-pipe fan coil HVAC system for example.

The service uses precise hourly weather data, which are available for many locations around the world.

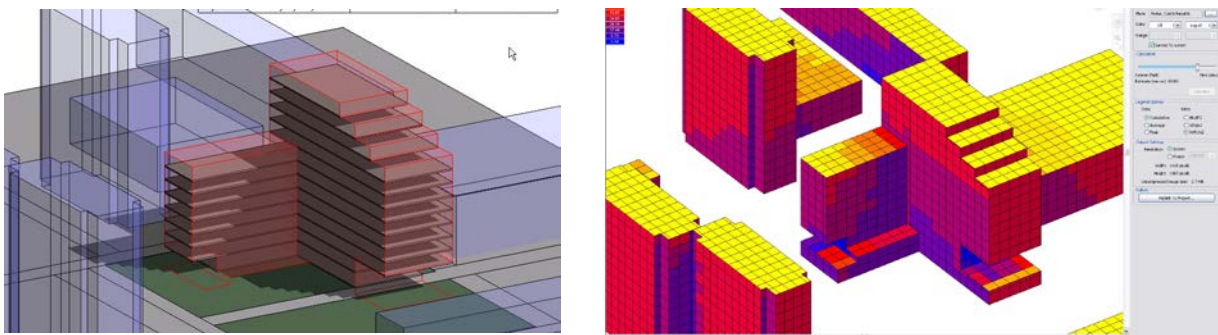


Figure 1: The example of solar study

Usually within minutes, the service calculates a building's carbon emissions and the user is able to view the output in a web browser, including the estimated energy and cost summaries as well as the building's carbon neutral potential. Users can then explore design alternatives by updating the settings used by the service and rerunning the analysis, and by revising the building model itself in the Revit-based application and then rerunning the analysis. The output also summarizes the water usage, costs and electricity and fuel costs, calculates an ENERGY STAR score, estimates photovoltaic and wind energy potential, calculates points towards LEED daylighting credit, and estimates natural ventilation potential. Unlike most analyses of the output, the report is quite easy to understand.

2.2 Building simulation tools

Many external tools for computational performance analysis have been developed. Nevertheless, they require the input of geometry of the design to define the simulation model. This is mostly done by either importing the geometry or manually rebuilding in the software. Importing and exporting of building geometry is error-prone and tedious, especially when geometry models established in CAD-software are often not suitable as simulation models. The simulation results and possible conclusions remain in the simulation software and a feedback into the design software is not possible. Changes in design due to performance criteria have to be done manually in the design software, the model has to be exported and simulated again. These steps have to be repeated after every change in design.

Most of these tools have been linked to commonly use architectural CAD and BIM programs, because their graphical means for entering geometric data are much easier to handle than the conventional numerical input for xyz-coordinate systems used in most of the older stand-alone tools. Some tools offer more elaborate graphical user interfaces that significantly facilitate and speed up the analysis process. In the BIM, the model was built automatically as a part of common designing. It means that it doesn't need to be generated additionally. It is a product of usual work on project and an integral component of the actual project.

2.3 Interoperability between BIM and simulation tools

Here is where the value of interoperability becomes glaringly obvious. What we really need is the ability to create a single building model that can be used not only for architectural and engineering workflows but also for the purposes of a building simulation and analysis. It is at this nexus that we begin to approach the full potential of the BIM concept.

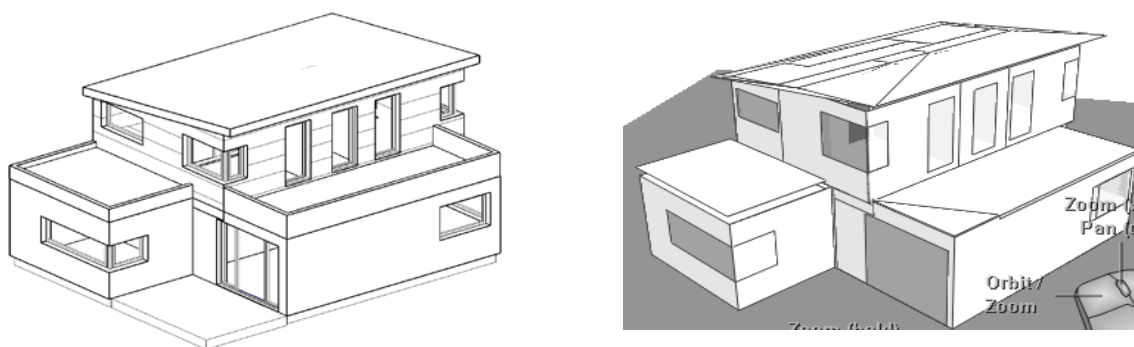


Figure 2. Geometry-based model, shown on the left, compared to a space-based model, shown on the right.

While the concept may seem obvious enough, currently it is not as easy to implement as it needs to be. A part of the problem lies in what defines useful building information for the purposes of simulation. BIM programs consist of detailed 3D models, almost all analysis and simulation programs require relatively simple geometric representations of spaces in order to perform an accurate thermal analysis and resource consumption calculations (fig. 2).

Applications such as Ecotect Analysis attempt to address this issue in one of two ways. Ecotect has always had its own 3D modelling interface for creating simulation models from scratch, but from the version 5.6 release candidate, it is also capable of exchanging building information with other applications via gbXML and IFC (Fig. 3). This level of information exchange invites exciting possibilities for interoperability.

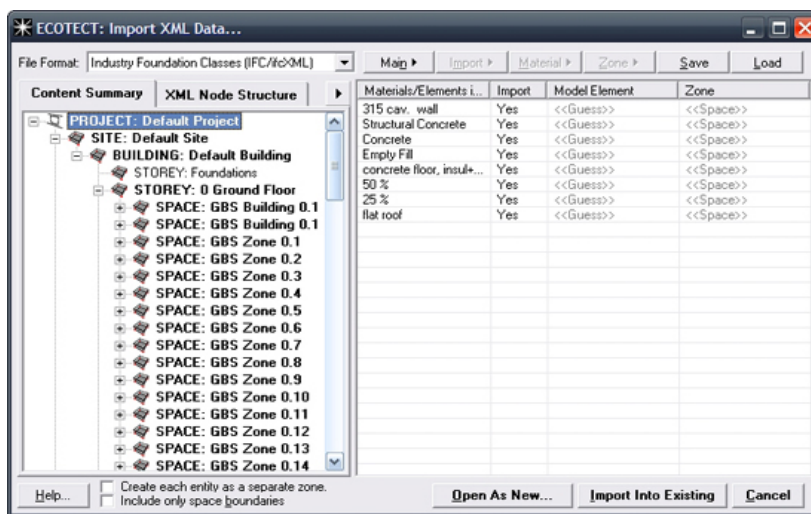


Figure 3: The Ecotect gbXML/IFC import dialog box.

gbXML is an open standard that has been adopted by the AEC industry for dealing with energy analysis data. Originally developed by Green Building Studio, it is based upon Extensible Markup Language (XML), a web-based, standards-compliant specification that can be used to store and transport virtually any kind of data. It is based on a relatively simple text-based syntax not dissimilar to HTML, and in this instance is used to describe the properties of a building for the purposes of environmental analysis.

Most major BIM applications can export model data to a gbXML file. The gbXML file generated can then be used by a compatible application to extract the data required for an analysis.

3 CONCLUSION

The computable design data resulting from BIM workflow and the building energy analysis and their combination can reduce the cost and time to perform energy modelling and analysis. This integration enables architects and other users to optimize the energy efficiency of their designs and work toward carbon neutrality earlier in the design process - a key ingredient not only for incorporating energy efficiency into standard building design practices but also for mitigating the carbon footprint of our built environment.

4 ACKNOWLEDGEMENTS

This research was financed by the research project VEGA No. 1/0647/09

Sources

1. SCHLUETE A., THESELING F. *Building information model based energy/performance assessment in early design stages*, <http://www.sciencedirect.com>.
2. IES. *Integrated Enviromental Solutions (IES)*, <http://www.iesve.com/UK-Europe/>
3. THOO S. *Interoperability and Sustainable Design*, AECBytes.
4. *The Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)*, <http://www.usgbc.org/>
5. <http://www.autodesk.com>

Contact

Ing. Martin Jamnický, PhD.,
Slovak University of Technology
Faculty of Civil Engineering
Radlinského 11, 813 68 Bratislava, Slovakia
Tel: +421 2 592 74 649
e-mail: martin.jamnicky@stuba.sk

VYUŽITÍ CFD PŘI NÁVRHU ODVĚTRÁNÍ VLHKOSTI PODLAH

CFD AS THE BASIS OF ASSESSMENT VENTILATED FLOORS

Jiří Jurka

Abstrakt

Hlavním účelem tohoto příspěvku je ukázat, že software CFD je schopen vizualizací proudění v dutině podlahy. Tyto simulace pak slouží pro hodnocení účinnosti vzduchového systému. Cílem je informovat o konkrétní technologii, která může sloužit jako vhodný nástroj pro ověření funkčnosti ventilace.

***Klíčová slova:** CFD, odvětrání, podlaha, vizualizace, simulace*

Abstract

The main subjects of the thesis is CFD software. The purpose is to show that CFD is capable of flow visualisation which is then used as the base for the ventilation efficiency assessment. The aim is to inform of the particular technology (ventilated floor makes use of prefabricated plastic formwork) as well as CFD as a suitable tool to help assess ventilation efficiency of ventilated building foundations.

***Key words:** CFD, ventilation, floor, visualisation, simulation*

1 INTRODUCTION

Air insulation, especially its efficiency, is often underestimated and most often it is recommended as combination of several methods by our experts. It is known that flowing air used to eliminate excessive humidity in lower construction is insignificantly promoted. Already our ancestors in ancient Rome had experience with implementation of air insulations. However, nowadays such design is connected with many doubts and it forces us to use sense, especially knowledge of construction physics. So it urges higher technical precision when designing functional ventilation system. Each building is actually a unique object, with regard to its position and used properties, that is why certain natural conditions must be accepted when designing. It is more complicated and figuratively speaking it can be written in c. 20 equations of twenty unknowns. Other problems arise in unknown coefficients to individual parameters and their effects. From another point of view it is the issue of changing air during the day, passing fronts, annual cycles and all of these in relation to internal environment of the building, materials used in the construction, land properties of rocks, and last but not least, relation to the terrain around the building. Then there are the effects of the building's altitudes etc. In total they are cycles with sine character of dampening and drying. [1].

2 SHAPES OF NEW ELEMENTS FOR DOUBLE FLOORS

Shapes of individual elements for ventilation differ according to producers. Characteristic types that are stated with dimensions and cavity clear heights were selected. The procedure for realization is similar. The foundation is formed from compacted sandy gravel often supplemented with a concrete layer. Shaped bricks are most frequently inserted into each other by their lateral parts or they are sewed together. With plates, in case when there is no

other waterproof insulation in the floor composition, connections will have to be welded. If the floor is to be loaded more in the future, the boarding elements will be supplemented with welded reinforcing net of recommended dimensions. The whole system of lost boarding will then be filled with concrete grout (usually of B25 class) to required height and vibration devices will ensure perfect leakage. Then other usual floor layers will be done. [2, 3]

2.1 Plates.

Height of the cavity plate – DESAN - 820×1720 [mm], height of the cavity element 30-130 [mm]. Height of the cavity plate – IPT - 750×1620 [mm], Height of the cavity element 70-100 [mm].



Fig. 3 DESAN, IPT[2]

2.2 Shaped bricks.

Size of one element 710×710 [mm]. Height of the cavity element 30-700 [mm].



Fig. 4 IGLU, MODULO [3]

3 SPECIFICATION OF FLOWING IN SPACES

3.1 Principle of the system.

Principle of the system lies in the location of ventilated space between the earthwork surface and internal part of the floor. Specifically between the base layer of gravel with concrete and supporting part of the floor, this ensures joint influence of shaped bricks with concrete.

Low speed flowing is the ideal condition so that losses of leaking heat from conducting vents are minimal. Even very slow flow of air is more than sufficient for conducting moisture away. Air space allows conducting water vapour away before it condensates.

If cold air enters the cavity through the intake vent, it warms up here and it can contain and conduct much more water vapour away compared to cold air. The effect is given by the fact that the pressure of saturated water vapour exponentially grows with increasing temperature. If the air temperature in cavity increases from temperature t_{EX} to medium temperature in the cavity t_D , then warmed up air can contain and conduct quantity of water vapour away from the cavity given by the following relation Eq. 1:

$$m_{VP} = \frac{p_s(t_D) - p_{EX}}{R \cdot T_D} \cdot \frac{v \cdot d \cdot 18}{h} ; [J \cdot K^{-1} \cdot kmol^{-1}] \quad (1)$$

Where: R is gas constant $R = 8314 [J \cdot K^{-1} \cdot kmol^{-1}]$; p_s is partial pressure of saturated vapour at temperature t_D ; p_{EX} is vapour pressure in the exterior; T_D is thermodynamic temperature in the space $T_D = t_D + 273,15$; v speed of flowing; d space thickness; h height between lower intake and upper outtake [4]

3.2 Intelligent flowing – “the chimney effect”

Propulsion drive ensuring moisture transfer from the area of construction is the movement of particles induced by temperature gradient, thus by temperature difference between air particles of ventilated space and surrounding atmosphere. Archimedes' buoyancy forces, which swell lower density and weight with increasing temperature and then they spontaneously start moving upwards, have effect on air particles. If we abide by analogy when designing and if we place the vents conducting away in sufficient vertical distance above the intake vent, diffusion will be ensured due to the effect of positive surplus of heat in relation to surrounding air. Flowing of new air into the cavity is given by the existence of compensation flows. It is assumed that if an air particle rises, it must be replaced with other air, which descends to its place. Water vapour, water in gaseous state, has the lightest and smallest molecules of all gases in the atmosphere. Particles of H_2O spontaneously rise upwards more easily and faster than heavy O_2 , N_2 . The effect is given in relative molecular weight units of measurement. For H_2O (relative weight = 18) it moves 1.33x more briskly than O_2 (32) and 1.25x faster than N_2 (28). [4]

3.3 Building oriented flowing - windward.

I think that with certain types of buildings (historical buildings, historical sights) sufficient vertical distance cannot be ensured and other measures or mechanisms for air transfer must be provided. To set into movement an external impulse is appropriate, but not necessary. An appropriate impulse can be for example placing the building according to prevailing winds. Intake vents are then set on the windward side where the wind blow entering to the floor construction through vents intensifies the draught in the space. 4]

3.4 Forced flowing – targeted.

Forced ventilation in the cavity is the last alternative. It is ensured by means of a ventilator, which is used in cases when air flowing by natural transfer did not work. The whole system then depends on power supplies. In cases where maximum system efficiency (drying lower building after floods) is necessary, air heater can be used. However, the price of purchase costs is naturally higher. [4]

4 MEASUREMENT – THEORETICAL

The design of a functioning floor air system depends, mainly in complicated cases, on expert assessment, which can detect defects of empirical proposals carried out in accordance with producer's instructions. The issue of air flowing inside a floor space is shown by a practical example– Fig. 1. A building where ventilation without an expert assessment is carried out.

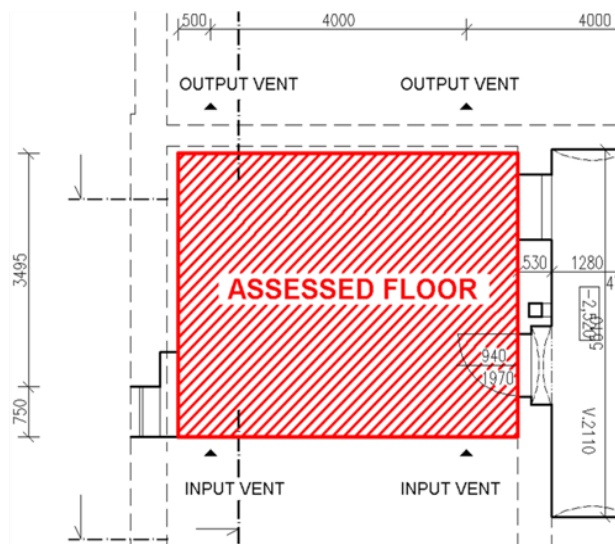


Fig.1 Reconstruction of residential house[5]

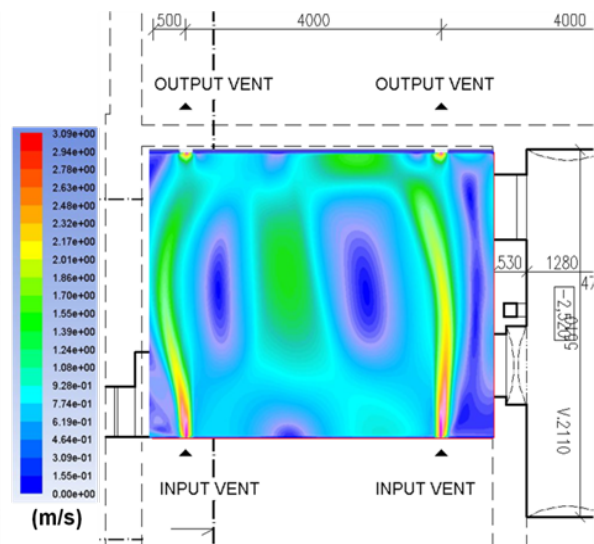


Fig.2 Example of numerical situation[6]

Evaluation and detail analysis was carried out on a simulated 3D model of flowing air using modern computing programme Ansys-Fluent. The simulation can detect places of possible accumulation of condensate – see Fig. 2. Based on numerical simulation displayed using velocity contours (in accordance with the legend in [m/s]) it is evident that two whirls are formed in the floor; the wind stops flowing in their centres $v = 0$ [m/s] (dark blue ovals – see the legend). The effect is given by improper location of vents opposite to each other, between which the column draught forms directly towards intake and outtake vents and supplied air cannot be spread through the whole cavity. In such situations changing vents or possible design of more vents so that there is no still air in the cavity can be considered as more appropriate solutions. [1]

By colour legend we are able to analyse problem places from the picture and to try to assess them with creation of the design itself. The highest velocity is evident around the axis of vents – red coloured. The slowest air flow is along walls and in the centre of whirls marked with blue colour.

5 SUMMARY

CFD as a suitable tool to help assess ventilation efficiency of ventilated building foundations. Selection of appropriate system elements for ventilation depends on expert assessment. Design and assessment of the air flowing in air space and of the temperature course in adjacent constructions is problematic in complicated cases. Often the only alternative is to carry out a CFD (computational fluid dynamics) method, for example using ANSYS computational programme.

6 ACKNOWLEDGMENT

This article was supported by GACR P104/10/P388 “Experimental analysis of the effect of microwave radiation for destruction of biological agents causing corrosion of building materials” and by GACR P104/10/1390 “The analysis of influence of MW drying while application of chemical grouting into moist brickwork” at the Brno University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Department of Building Construction

Sources

1. *Balik, Michael, et al. Dehumidification of buildings. Praha: Grada Publishing, a.s., 2008. 306 s. ISBN 978-80-247-2693-9.*
2. Information on <<http://www.iptsystem.cz>> IPT System [online]. 2012 [cit. 2011-08-13].
3. Information on <<http://www.rexcom.cz>> Geoplast [online]. 2012 [cit. 2012-06-11].
4. Hejhalek, Jiri, The air gap in the system of thermal insulation: Construction and Interior. 2006, 10, s. 28-31.
5. *Floor plan. Documentation provided by architectural firm AAA STUDIO.*
6. *ANSYS – FLUENT. The computational program for PC.*

Contact

Ing. Jiří Jurka
Brno University of Technology
Faculty of Civil Engineering
Veveří 95, 602 00 Brno
Phone: 541 147 401
E-mail: jurka.j@fce.vutbr.cz

RISK MANAGEMENT, PROJECT MANAGEMENT, BEZPEČNOST PRÁCE
RISK MANAGEMENT, PROJECT MANAGEMENT, LABOUR PROTECTION

SIMULACE POŽÁRU NEFUNKČNÍ PROTIPOŽÁRNÍ UCPÁVKY

FIRE SIMULATION OF DYSFUNCTIONAL FIRE SEAL

Pavla Pechová

Abstrakt

Z hlediska požární bezpečnosti je důležité, aby požární úseky byly odděleny požárně dělicími konstrukcemi. Prostup požárně dělicí stěnou popř. stropem (např. pro vedení potrubí, kabelových rozvodů atd.) musí být zajištěn proti šíření požáru z jednoho požárního úseku do druhého. Úpravu těchto prostupů nazýváme jako požární ucpávky nebo požární přepážky. Tyto prostupy by měly vykazovat minimálně stejnou požární odolnost jakou má konstrukční prvek, kterým procházejí. Hlavním cílem je zabránění rozšíření ohně, kouře a dalších zplodin hoření v případě požáru. Příspěvek je zaměřen na počítačovou simulaci vlivu nefunkční protipožární ucpávky na šíření požáru a zplodin hoření.

Klíčová slova: požár, simulace požáru, požární ucpávka

Abstract

It is important that fire zones are separated by fire dividing structures. A penetration in the fire separation wall or fire separation ceiling (eg. for piping, cable distribution, etc.) must be protected against a spread of fire from one fire section to another. Modification of these penetrations we called as fire seals or fire barrier. These structure should have at least the same fire resistance as the structural element through which pass. The main goal is to prevent spread of fire, smoke and other combustion products during fire. This paper is focused on computer simulation of the influence of dysfunctional fire seal on spread of fire and combustion products.

Key words: fire, fire simulation, fire seal

1 INTRODUCTION

The fire seals are an important part of the fire separating construction. The penetration of fire-resistant walls may be a weak point when poor design or poor implementation. Functionality and failure of fire seal affects the rate of spread of fire and fire safety of the building. It can play a big role in the people evacuation and lives save. Fire seal behaviour can be determined by fire tests, but its are usually too expensive. Therefore it can be advantageously used computer simulation.

2 FIRE SIMULATION

2.1 Simulation software

Pyrosim is a FDS (Fire Dynamic Simulator) software that was developed by Thunderhead American Society of Engineering. This software uses CFD (Computational Fluid Dynamics) to calculate and present the flows in a model. It is used to simulate fire. It is able to predict the movement of smoke, temperature rise and concentrations affect of the products of

combustion. To view the results it is communicating with Smokeview, where you can freely choose which parameter should be counted and indicated. [1]

2.2 Creating a model

The aim of this model was to create an idea of the impact of non-functional fire seal in fire resistant construction during the fire and its impact on the environment, particularly to the spread of fire to neighboring fire zone.

Firstly it was chosen a space and created a grid. The modelling space was divided into a smaller parts by this grid. The modelling software calculated the Navier-Stokes equations for every part. The area was chosen with dimensions 6m x 6m x 3m. The space was divided into 32 000 volumes of size 0.15 x 0.15 x 0.15 m. After materials were recorded to the surfaces. As fire-resistant material it was chosen concrete. Then it was created fire resistant wall with thickness 300 mm. The structure was located approximately in the center of the modeled space to provide a better idea of the environment impact. [2]

Further, it was created opening for piping with dimension 0,5 x 0,5m so-called soft fire seal. In the model it was necessary to divided a fire wall into more parts. It was necessary because the software does not allow make hole (for piping) in the hole (for fire seal), even if it is filled with another material. As penetrating piping was chosen plastic one without fire collars. It has effect on breach of integrity of the fire resistance wall.

Place of the fire was located on the floor level of 0.45 x 0.45 m. The fire heat output was choosen 5kW per meter square. Simulation time was determined on 30s. Furthermore, in the model were deployed temperature sensors. After entering all modeled structures with all values (according to material, surfaces, textures) the model looked as it is shown in Figure 1.

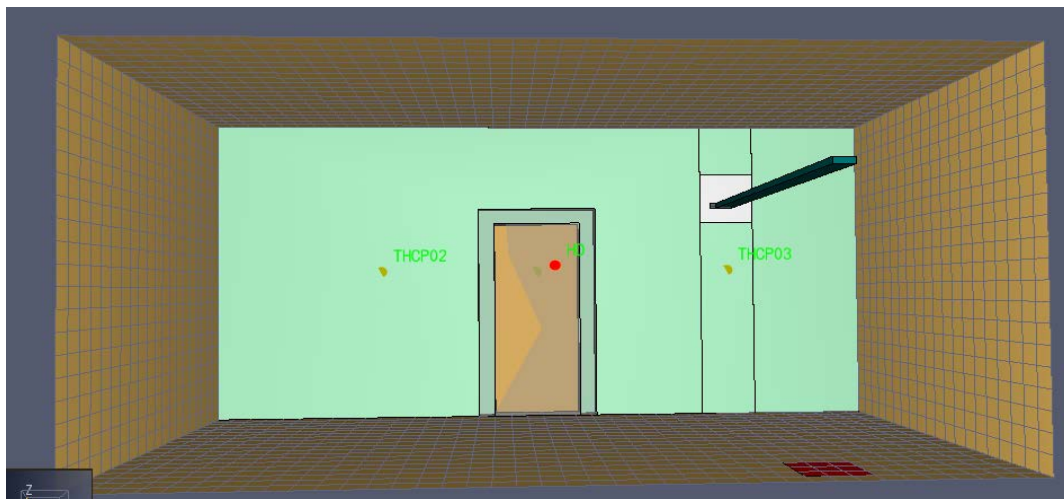


Fig.1 View to the created model by Pyrosim

2.3 Outputs from the model

a. Spread of flames and fire

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010

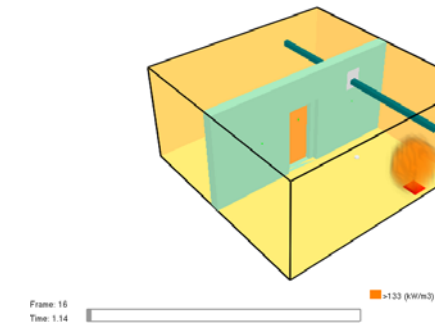


Fig.2 Initiation of the fire

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010

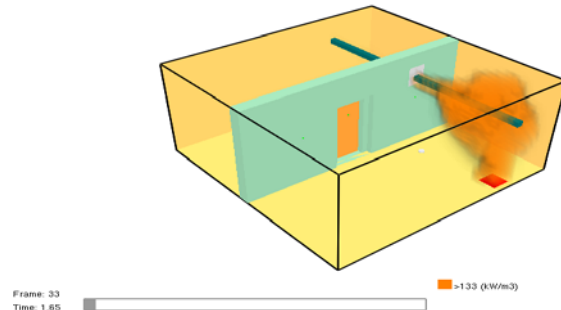


Fig.3 Spread of the fire on the plastic piping

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010

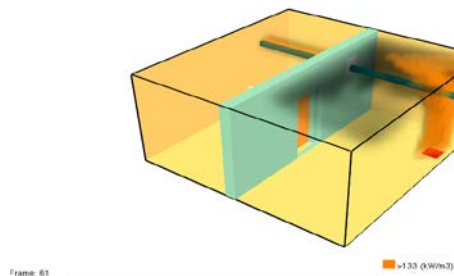


Fig.4 Spread of the fire to the neighboring fire zone

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010

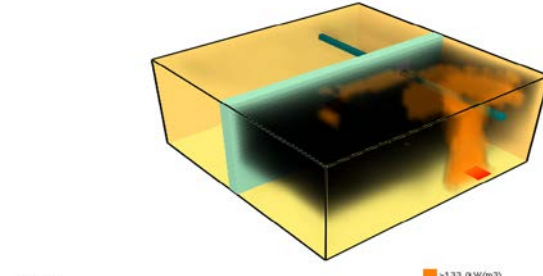


Fig.5 Spread of the smoke

b. Temperature distribution in the room

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010

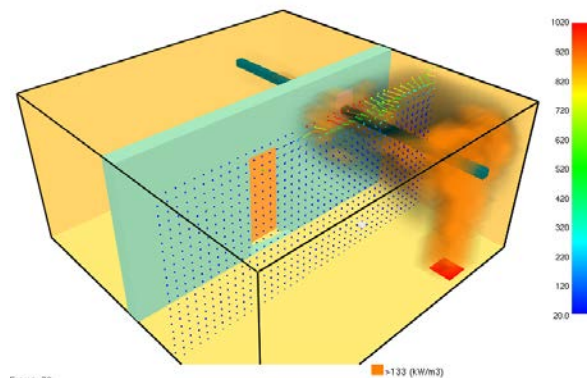


Fig.6 Temperatures and air flowing speed (in time 2s)

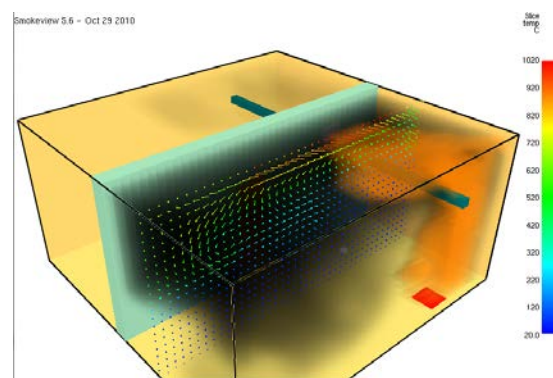


Fig.7 Temperatures and air flowing speed (in time 6s)

On the picture above it can be seen a spread of the fire. At the beginning there is fire transfer to the plastic piping and then spread of the fire to the another fire zone. Colored arrows show

different temperatures and directions of flowing air in the room. On figure 6 we can see spread of the fire to the another fire zone. On figure 7 it is more visible smoke in the room where the fire originated but also some smoke can be seen in the neighboring fire zone.

c. Speed of the flowing

In the model, flow velocities are presented by colored zones. The maximum speed achieved in the model is 1,55 m/s. On the figures can be seen a negative velocity, which expressed the opposite direction of motion than the positive part of the axis.

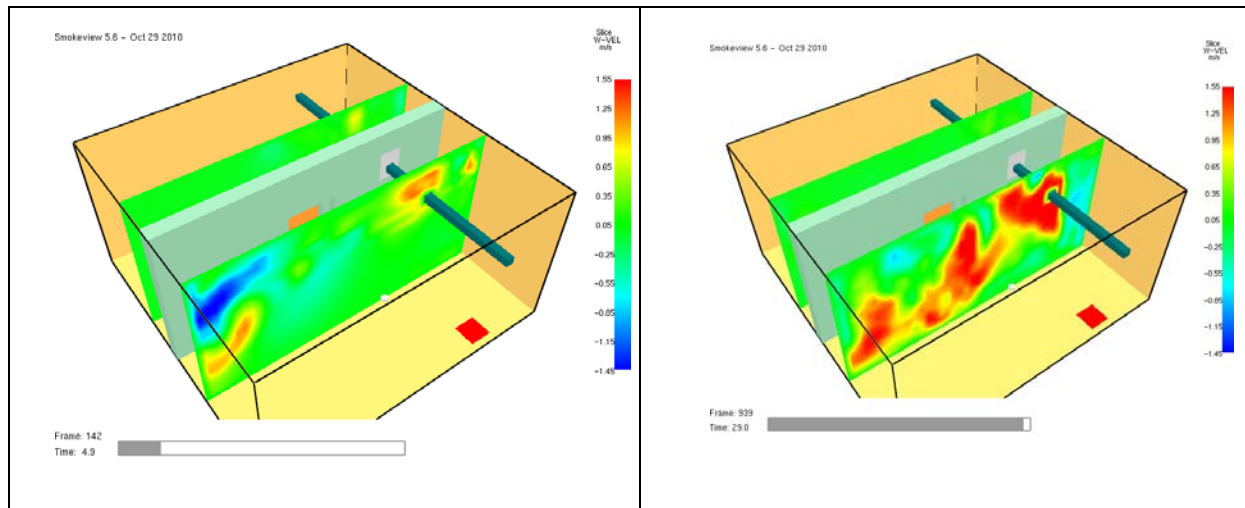


Fig.8, 9 Examples of the flowing speed during fire event

d. Outputs from model in 2D - graphs

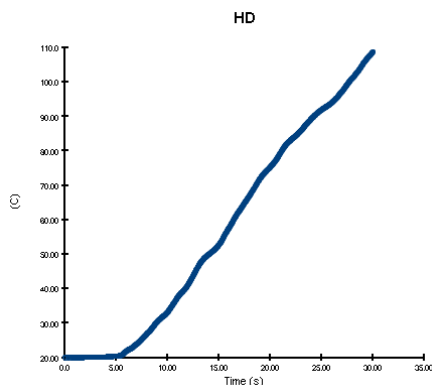


Fig.10 Increasing of the temperature in the room where the fire originated

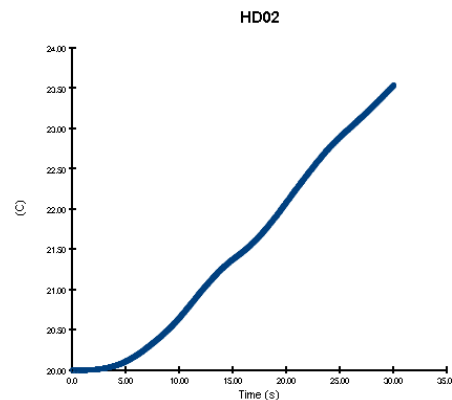


Fig.11 Increasing of the temperature in the neighboring room

The temperature increase progression is significantly greater in the room with outbreak of fire than in the neighboring room where the fire has spread secondarily. The temperature does not exceed 24 degrees Celsius in the adjacent room during modeled time period (i.e. 30 seconds). But it can be seen an increasing trend of internal temperature. If the modeled time will be extended, it can be assumed that internal temperature will be still growing.

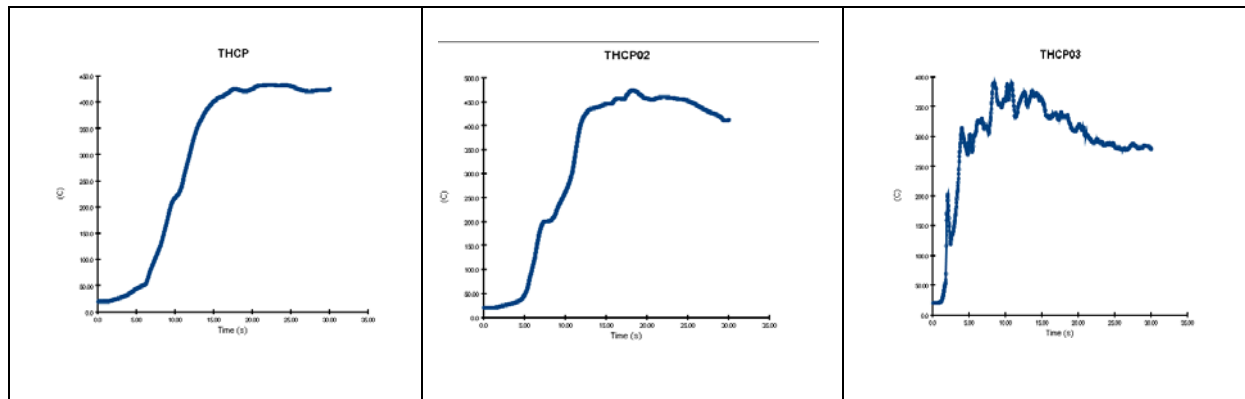


Fig.12 Temperatures process from thermocouples (temperature sensors)

Thermocouples was placed on the wall and door of the fire zone. On the figure 12 it can be seen that thermocouple which is farthest from the place of fire shows the highest temperature (graph THCP02). Probably it is because of flowing hot gases in the room. But here can be also influence of sensors position. Sensor THCP was placed on embedded door. And sensor THCP03 was placed under the piping, so it could be cooled down by air supporting fire, while the hot gases and products of burning were rising to the ceiling and then its were falling down around the surrounding walls.

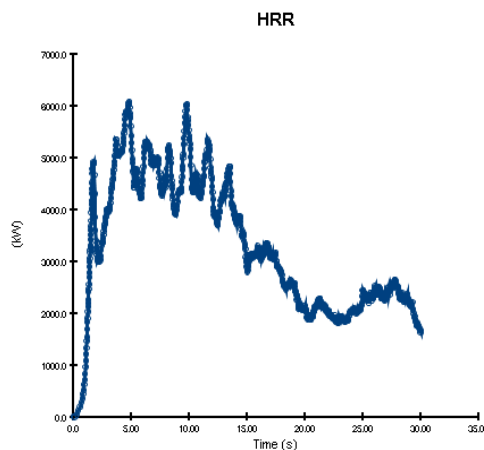


Fig.13 HRR – (Heat Release Rate)

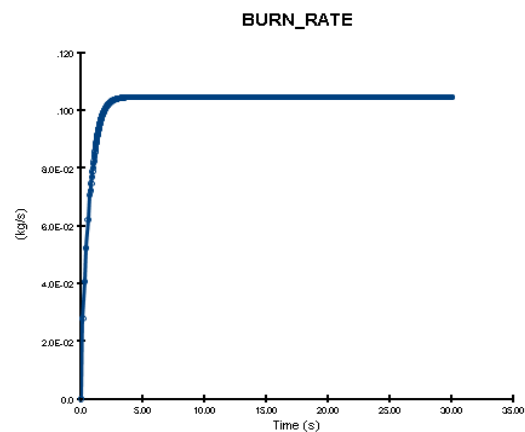


Fig.14 Burning rate

On figure 13 is shown heat release rate (HRR) for computed model in time of 30 seconds. HRR can be considered as a driving force of the fire. On figure of burning rate can be seen how was the burning. At the beginning there was quick growth and then the burning has stabilized. Burning is going on till exhaustion of combustible material. Once the combustible material is exhausted the curve goes down on minimum level. The burning rate is also known as the mass loss rate.

3 CONCLUSION

At the simulation has been shown an important role of the fire seal in the spread of a fire. When the seal fire is dysfunctional, the fire can spread to a neighboring fire zone without any problems. There were shown and compared the increases of temperature in the room where the fire originated and in the neighboring space. In the room with the fire, the outputs from temperature sensors were interesting. Its were probably influenced by the flow of heated air during the fire. The aim of this simulation was to draw attention to the need for proper implementation of fire-resistant construction as a whole. Because poorly implemented penetration in the fire resistant construction can cause the spread of the fire and endanger lives.

Sources

1. Pyrosim User manual, Thunderhead Engineering, 2010.
2. PECHOVÁ, P., *Fire simulation of the combustibile door in fire resistant construction*, Hradec Králové, Quaere 2012, 8 s. ISBN 978-80-905243-0-9.

Supported by grant

IGS ČVUT SGS10/235/OHK1/3T/11

Contact

Ing. Pavla Pechová
Czech Technical University in Prague
Thákurova 7, Praha 6, 16629
email: pavla.pechova@fsv.cvut.cz

PRENIKANIE POVEDOMIA O BEZPEČNOSTI A OCHRANE ZDRAVIA V RÁMCI PRACOVÍSK

INFILTRATION OF HEALTH AND SAFETY INTO EDUCATION WITHIN WORKPLACES

Lucia Tarábková, Ondrej Kováčik

Abstract

Nedostatky alebo chyby vyskytujúce sa počas realizácie stavebného diela môžu vyústiť do veľkých finančných strát. Preto by mala bezpečnosť a ochrana zdravia pri práci zohrávať v každej organizácii dôležitú úlohu. Aj minimálne nedostatky môžu viesť k následným opravám. V najhorších prípadoch môžu nedostatky vyústiť aj do smrteľných zranení. Dobrý projektový manažér by sa mal pokusiť, aby boli všetky práce vykonané správne na prvý pokus. Bezpečnosť je preto vo veľkej miere ovplyvňovaná už počas procesu plánovania stavebného diela. Taktiež závisí od dostatečného vzdelania a obozretnosti pracovníkov a mala by byť zapracovaná do vzdelávacieho systému každej organizácie. Pracovníci musia byť neustále upovedomovaní o možnostiach nebezpečenstiev a tak sa vyhýbať zbytočným rizikám.

Keywords: *zdravie a bezpečnosť, risk, vzdelanie*

Abstract

Defects or failures in constructed facilities can result in very large costs. Therefore health and safety management should represent increasingly important concerns for each company. Even with minor defects, re-construction may be required and facility operations impaired. In the worst case, failures may cause personal injuries or fatalities. Good project managers try to ensure that the job is done right the first time. Safety during the construction project is also influenced in large part by decisions made during the planning and design process. Beyond design decisions, safety largely depends upon education of workers, vigilance and cooperation during the construction process and it must be incorporated into education system of each organization. Workers should be constantly alert to the possibilities of accidents and avoid taken unnecessary risks.

Key words: *health and safety, risk, education*

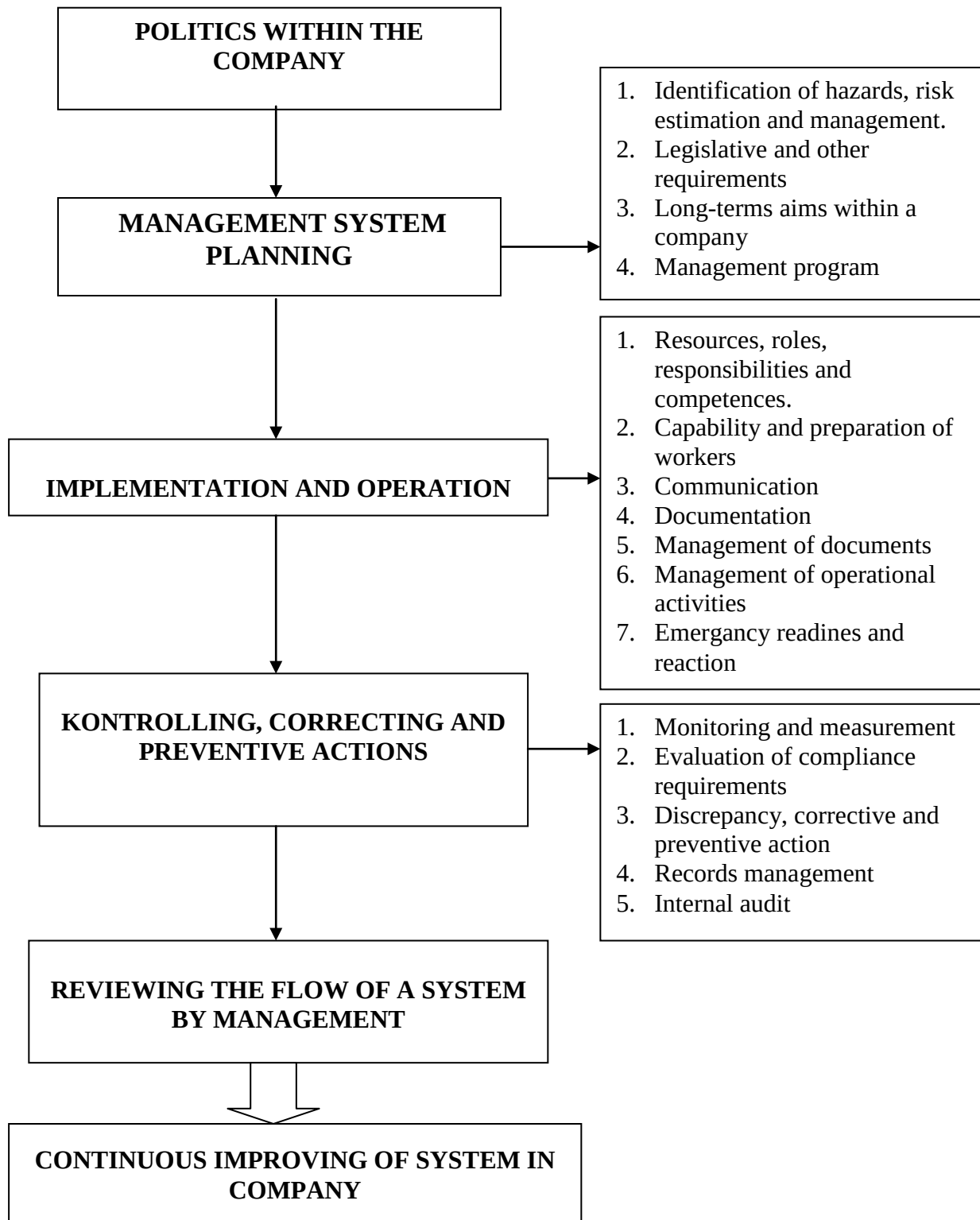
1 HEALTH AND SAFETY AT WORK

1.1 Politics

Companies often develop a set of rules specific to their operations and sector. These rules normally reflect legislative requirements such as mandatory training and the use of personal protective equipment and facilities. Nowadays however many companies go beyond the requirements of the law and develop additional rules. Hazard, accident and injury reporting procedures could also form part of the company rules. Other rules could address such items as

the company non-conformance/disciplinary procedures. Companies should establish rules to govern the conduct and actions of their employees. These rules should leave no room for discretion and argument. The rules must be enforced and action should be taken every time a rule is violated. Since safety programs already contain the assignment of responsibilities and safe work practices/procedures, rules should be kept to a minimum.

1.2 Example of essential steps sequence of OHS management system



2 BUSINESSES

2.1 Smaller businesses

Statistics indicate that accident rates are higher in small and medium-sized enterprises. Many small businesses also begin to distinguish between the costs at a low level, and the benefits of good health and safety standards. These are best seen in terms of: compliance with OHS business clients to obtain and retain contracts, avoiding work discontinuance and loss of relevant and vital staff motivating employees as well as retaining their interest and motivation, not forgetting about availability and acceptability of insurance. New and growing businesses that are trying to achieve sustainable growth and stability of their business are aware of how this may contribute to their OHS. It can be observed particularly in terms of satisfying customer requirements in the area of OHS.

2.2 Larger businesses

Occupational safety and health (OHS) is good for business as well as a legal and social obligation. Businesses appreciate the health and safety management by protecting people from injuries or illness caused by their work and it is also an essential part of running a successful business.

From large organizations it is expected that they demonstrate increasingly higher levels of management and organizational development, and greater transparency in reporting procedures. The combination of activities in a market-driven economy with a company that is more aware of risks means that many businesses can now recognize significant benefits from the integration of OHS into their wider business model(educational system).

To express the fact that the company is socially responsible it must protect and enhance the image and brand value. This also helps maximize employee productivity, strengthens employee commitment in relation to the company, creates a more competitive and healthier workforce, reduces the cost and prevents disruption of workflow, enables enterprises to meet client expectations in OHS as well as it encourages the workforce to participate in a longer active life. Each enterprise can achieve significant benefits by investing in health and safety management system. Through simple improvements it can increase competitiveness, profitability, and motivation of employees. Implementation of OHS management system provides an effective framework to prevent or minimize injury, illness and fatalities.

3 BUSINESS ASPECTS OF OHS

Improving safety and health at work is important not only from the personal point of view, in order to alleviate the pain and suffering of the workers, but also to ensure the success and sustainability of enterprises and economic well-being in the long term run. Every year, 4.9 million accidents causing more than three days absence from work. The costs incurred as a result of occupational accidents and occupational diseases in most countries ranges from 2.6 to 3.8% of gross domestic product (GDP). These costs damage not only individual companies, but also the national economy. National economies and individual companies that have better standards of safety and health (OHS), live more successfully. Health and safety at work are good business opportunities. No matter in what area of business you do or what industry you belong to, this site provides information and advice to help you understand the economic point of view of how are safety and health related to economic performance and why it is worth investing to good health and safety.

3.1 The benefits of good and strong health and safety management system in procurement in construction and infrastructure

The economic performance of companies in the area of procurement in the construction and infrastructure can be with good health and safety management system greatly and considerably improved. Each construction project must be handed in on time, with good quality and within budget, without occurring accidents, ill health or fatalities. With good health and safety program it all can be achieved. The data and statistics show that in the construction sector there is a significantly higher number of accidents than in other sectors. The value of the construction industry in the EU is estimated at 902 billion per year, and costs resulting from workplace accidents and ill-health in this sector reached 8.5% of total project costs, which means that the lack of OHS standards in construction costs could result into more than 75 billion per year, which is almost 200 per capita each. For this reason, most companies in the public and private sectors are increasingly recognizing the benefits of health and safety for infrastructure and other large projects and take on a greater role and responsibility for setting standards in health and safety for large projects. The benefits of good health and safety program for businesses in the construction sector lie in a faster and cost effective completion of projects, larger profit margins and a higher likelihood of becoming preferred suppliers. These benefits, however, can only be achieved if clients are prepared to take ownership of the project in accordance with the standards of safety and health and to cooperate them with all parties. Clients set goals, control the resources and finally determine project performance standards for OHS.

In this particular region, have a great responsibility of public authorities, which can greatly influence the market through its vast purchasing power. They are able to provide examples of best practices related to the integration of OHS standards in public procurement projects as well as to the education of workers within organizations.

3.2 Employee participation in safety and health at work

Employee involvement is an important part of the management of health and safety at work. Managers do not have the solutions to all the problems in the area of health and safety at work, while employees and their representatives have detailed knowledge and experience concerning the implementation of the work and what affects them. Therefore, it is necessary for employees with management staff to work closely to find common solutions to common problems.

For employers, this means getting help in identifying the real problems finding the right solutions and creating a motivated workforce. For employees, this means the prevention of accidents at work. According to the laws of the employees, they must be informed and given instructions to be trained and consulted on safety and health at work. Full participation means more than consultation. It should already occur in the process of decision-making participation by employees and their representatives. Employee participation in safety and health at work is a simple two-way process in which employers and employees / employee representatives shall comply with the following principles:

- Discussing all problems in a appropriate time
- Reciprocal communication
- Reciprocal trust and respect
- The hearing of concerns of both sides

- Communication of information on both sides
- Detection and exchange of gained information and views
- Shared decision making process

3.3 Essential requirements for employees

Companies should have clear requirements regarding the provision and use of PPE. These requirements should be effectively communicated to all affected employees. The company should have a program in place to ensure that the requirements are being met.

Personal protective equipment (PPE) is the last line of defense for protecting workers. Health and safety hazards should be eliminated at the source (if possible) through engineering controls. The second line of defense should involve intervention along the path, that is, adjustment of the work procedure itself and/or the introduction of mechanical devices to minimize the exposure of workers to occupational health or safety hazards. The implementation of safe work practices and safe job procedures should also include the proper selection, care and use of PPE. These are widely used in construction because the hazards cannot be effectively controlled by using engineering or administrative controls. An example of an engineering controls is designing the job/task/tool to eliminate the risk such as using tools equipped with dust collectors or using a guard on a saw. An example of an administrative control is posting signs to restrict access to an area.

3.4 Trainings

Depending on your particular business and the needs of your staff, types of training required may include:

- **OHS induction training** - this includes basic OHS information that every staff member requires at the commencement of their employment, e.g. emergency procedures, location of first aid kits, general safety-related responsibilities, accident reporting, use of safety equipment, etc.
- **Office safety**
- **Hazard identification and control**
- **Manual handling**
- **On-the-job training** - OHS training that covers the safety requirements of a specific job or type of work, e.g. forklift driving, laboratory work, etc.
- **Compulsory certified or accredited training** - training that has been mandated by statute, e.g. first aid, certificates of competency, etc. This type of training is often provided by licensed and/or accredited organisations, either in-house or externally.
- **Needs-specific training** - covering other issues that you identify as being necessary, based on analysis of role requirements. This may include supervisor or managerial skills, risk assessment, hazard management, etc.

OHS training is a vital component in the creation of a safe, healthy and productive workplace, so for specialist advice, contact a professional advisor.

4 ADVICE FOR EMPLOYERS

4.1 Responsibilities of all employers

Employers of whatever size of business should:

- make the workplace safe/ provide health supervision as needed
- prevent risks to health
- ensure that plant and machinery is safe to use, and that safe working practices are set up and followed
- make sure that all materials are handled, stored and used safely
- provide adequate first aid facilities
- tell you about any potential hazards from the work you do, chemicals and other substances used by the firm, and give you information, instructions, training and supervision as needed
- set up emergency plans
- make sure that ventilation, temperature, lighting, and toilet, washing and rest facilities all meet health, safety and welfare requirements
- check that the right work equipment is provided and is properly used and regularly maintained
- prevent or control exposure to substances that may damage your health
- take precautions against the risks caused by flammable or explosive hazards, electrical equipment, noise and radiation
- avoid potentially dangerous work involving manual handling and if it can't be avoided, take precautions to reduce the risk of injury
- provide protective clothing or equipment free of charge if risks can't be removed or adequately controlled by any other means

Accidents can harm, kill and mutilate. Because they affect all sectors of each economy it is extremely important to pay significant attention to this domain. Problems are particularly acute in small and medium-sized enterprises. In addition to price in terms of loss of life and suffering of workers and their families, accidents affect business and society as a whole. Fewer accidents mean less sick leave, resulting in lower costs and fewer interruptions in the production process. It also saves the employer costs for receiving and training new employees and can reduce the cost of early retirement and insurance benefits. Slips, trips and falls are the leading cause of accidents in all sectors, from heavy manufacturing to office work. Other hazards include falling objects, fire and burns, fires and explosions, hazardous substances and stress. Therefore employers should prevent accidents in the workplace at first and for this purpose to establish a safety management system that includes procedures for assessing and monitoring risks.

Resources

1. GAŠPARÍK, J. *Effective integrated management system in construction company*. In Organization, Technology and Management in Construction : 7th International Conference.Proceedings/Zadar,Croatia,20.-22.9.2006. Zagreb: Croatian Association for Organization in Construction, 2006, ISBN 953-96245-7-6.
2. GAŠPARÍK, J. *Manažérstvo kvality v stavebnej organizácii*. Bratislava: STU v Bratislave, 2005. 221 s. ISBN 80-227-2196-4. (in Slovak).
3. HOWARTH, T., WATSON, P.: *Construction Safety Management*, Wiley-Blackwell, UK 2009. ISBN 978-1-4051-866-5. (in English).
4. OHSAS 18 001:2009. Systém manažérstva bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci. Požiadavky. (in Slovak).
5. OHSAS 18 002:2009.Systém manažérstva bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci. Návod na implementáciu. (in Slovak).

Contact:

Ing. Lucia Tarábková
Slovenská technická univerzita, Stavebná fakulta, Katedra technológie stavieb
Radlinského 11, 813 68 Bratislava
email: lucia.tarabkovamail.com

Ing. Ondrej Kováčik
Slovenská technická univerzita, Stavebná fakulta, Katedra technológie stavieb
Radlinského 11, 813 68 Bratislava
email: xkovaciko@gmail.com

ÚSPĚŠNÉ ŘÍZENÍ KRIZE VE STAVEBNÍM PROJEKTU

SUCCESSFUL CRISIS MANAGEMENT IN THE CONSTRUCTION PROJECT

Michal Vondruška

Abstrakt

Příspěvek se zabývá metodami krizového řízení stavebního projektu a vztahem mezi krizovým řízením podniku a krizovým řízením projektu. Dále se autor snaží poukázat na současné nedostatky v metodách krizového řízení ve stavebnictví.

Klíčová slova: *krize, krizové řízení projektu, stavební projekt*

Abstract

This paper deals with the methods of project crisis management and its relationships with enterprise crisis management. The author tries to show the current problems in the methods of crisis management in construction business.

Key words: *crisis, crisis management, construction project*

1 ÚVOD

Stavebnictví je zrcadlem každé dobře fungující ekonomiky, ve kterém se odráží buď její růst anebo její stagnace. Produkty stavebnictví - stavební projekty se vyznačují bez ohledu na celkovou makroekonomickou situaci velkými požadavky na ekonomické zdroje, kvalifikovanou síť dodavatelů, moderní technologie, ekologické a bezpečnostní aspekty. Všechny tyto prvky pak vytváří předpoklady pro vznik kritických situací při výstavbě.

Přestože české stavebnictví v současné době zrcadlí ekonomickou stagnaci a jeho produkty - stavební projekty jsou svým trvalým charakterem náchylné na množství krizí, je český stavební management do značné míry konzervativní a sebevědomý a možnost krizí ve vlastních projektech či podnicích si nepřipouští. Dokladem toho je, že obecné metody řízení stavebních projektů a podnikové operační manuály většiny i největších českých stavebních firem se zabývají pouze řízením rizik, ale ne situací, kdy samotná krize vznikne, tedy krizovým řízením.

Krizové řízení, které ve vyspělých zahraničních podnicích tvoří doplňující nástroj rizikového managementu, by se však nemělo opomíjet ani v našich podmínkách, protože každé úspěšné zvládnutí krize ve stavebním projektu může přinést stavebnímu podniku nové poznání, posílit komunikační úroveň firmy, zvýšit její odolnost, přispět k její stabilizaci a trvale udržitelnému rozvoji firmy. Pokud stavební podnik k řízení krizových situací zvolí správný a systematický přístup může být překonání krizové situace i příležitostí pro změny, které management firmy nebyl schopen v době stavebního boomu realizovat nebo se k nim odhodlat.

2 KRIZE STAVEBNÍHO PROJEKTU A JEJÍ HLOUBKA

Krize jsou složité jevy, které odhalují slabé, ale i silné stránky systému řízení projektu, které by jinak nebyly patrné. Krize vzniká jako výsledek vzájemného kombinace vnitřních slabých stránek projektu a vnějších hrozeb, tedy vznikem a specifickým uplatněním projektových

rizik. Pokud management projektu na aktivní rizika pozdě a nedostatečně reaguje, vzniká krizová situace. Potenciál krize během realizace stavebního projektu je obrovský. Krize může nastat prakticky v každé fázi životního cyklu stavebního projektu.

Pro tento článek jsem tedy z pohledu úvodního optimistického vyjádření, že krize může být i příležitostí, vybral z mnoha definic tuto interpretaci:

„ **Krize** je mimořádně složitá, obtížná a tísnivá situace, kdy je zásadně narušeno fungování běžných procesů a dochází k rozhodujícím změnám směrem k velmi špatné až nebezpečné situaci. Na rozdíl od katastrofy, za kterou obvykle považujeme tu variantu pokračování vývoje, která přímo vyústí ve zhroucení a destrukci systému, kde už lidské reflektování je podstatně omezeno jen na bezmocné přihlížení, krizový stav ještě **nabízí šanci na zvrát pozitivním směrem**, a tedy i možnost pokusit se o aktivní zásah.“ [1]

2.1 Typy krizí ve stavebních projektech

Vleklá krize projektu je pomalu se vyvíjející krize, při které dochází k postupnému náběhu rizik a zhoršování stavu projektu. Takovou krizi je náročné identifikovat a diagnostikovat, protože vedení projektu očekává, že se situace už brzy zlepší. [2]

U projektu výstavby lze uvést příklad druhotné platební neschopnosti, kdy management projektu nebo vrcholový management dodavatelské organizace je vlastníkem ubezpečen o jeho solventnosti poskytnutím zálohy či včasnou úhradou prvních faktur, ve skutečnosti však vlastník začne projednávat financování projektu až v průběhu realizace. Při komplikacích s úvěrem nastává vleklá krize, která je charakteristická řadou ujišťujících prohlášení ze strany vlastníka a zvyšující se nervozitou dodavatele. Při dnes obvyklé nemravné 90 denní době splatnosti faktur je tato krize projektu jednou z nejčastějších vleklých krizí projektu.

Náhlá krize projektu vzniká v důsledku vypuknutí silného rizika, které znamená vážné ohrožení celého projektu. Dá se jí čelit jen rychle podniknutým protipatřeními. V takovém případě je nutná souhra projektového týmu zaměřená na rychlý efekt, což vyžaduje přípravu ve formě plánu kontinuity. [2]

Příkladem náhlé krize projektu může být nehoda na stavbě se smrtelným úrazem. Vyšetřovatelé uzavrou část stavby a zastaví práce na poškozeném úseku na několik dní. Po dobu vyšetřování a odstraňování případných následků jsou kapacity dodavatele nasměrovány na jiné úseky. Po dokončení šetření musí být soustředěno veškeré úsilí na poškozenou část stavby, na smazání časové ztráty a odstranění případných následků.

Periodické krize projektu jsou podle Loosemora[3] ty krize, které se opakovaně vyskytují v intervalech s různou délkou. Mohou ji způsobovat události jako rozpočtové škrty, změny v řízení podniku, politické a vládní změny.

Za periodickou krizi stavebního projektu lze označit například situaci, ve které se pravidelně nacházejí dlouhodobé stavební projekty většího rozsahu, jako jsou stavby dálnic a občanské infrastruktury. Na začátku každého roku, před faktickým schválením státního rozpočtu (než jsou skutečně poskytnuty peněžní zdroje na účty veřejných organizací), se mnoho stavebních zakázek dostává do krizového stádia z důvodu z nejistoty dalšího vývoje stavebního projektu a úhrady peněz za rozpracovanou zakázku. Podobná situace nastává pravidelně ke konci roku, kdy veřejné instituce obdrží se zpožděním požadované zdroje podle plánovaných rozpočtů nebo na mimořádné výdaje (vícepráce). V listopadu nebo dokonce v prosinci, bez ohledu na klimatické podmínky a sváteční výluku jsou pak kladeny na stavební dodavatele nesmyslné

požadavky, aby urychleně prostavěli poskytnuté finance, které by v novém roce byly jinak odňaty.

Bizarní a percepční Loosemore[3] uvádí na okraj ještě jeden typ krize projektu, který je podle mého názoru v současné době velmi aktuální. Jsou to krize vnímání, které jsou způsobeny negativním postojem masových médií k projektu častokrát na základě bizarních příčin nebo názorů.

Ze současného stavebnictví bych uvedl příklad připravovaného projektu dostavby bloku jaderné elektrárny v Temelíně, kde se přesunulo rozhodování o projektu z technicko-ekonomické otázky do otázky veřejně politické. Dalším příkladem může být projekt přesunu brněnského hlavního nádraží.

2.2 Závažnost a hloubka krize stavebního projektu

Někteří experti na krizové řízení projektů (například P.Hujňák , J. Hujňák [2]) rozlišují v několika úrovních závažnost a hloubku krize. Tyto parametry krize projektu jsem doplnil pro názornou představu o příklady ze stavebních projektů.

Konsolidační hloubka krize stavebního projektu

Krize neohrožuje zatím dosažení cílů projektu, ale představuje nepřiměřeně vysoké působení rizik způsobujících vleklé zpravidla nepravdělně se opakující problémy při řízení projektu.

Postup, kterým se krize odstraňuje, se nazývá konsolidace a je zpravidla na základě krizového plánu prováděn stávajícím vedením projektu za dozoru a kontrolních činností řídicího výboru projektu a/nebo investora. Kontrolní činnosti mohou být prováděny externě. Konsolidace neovlivňuje projektový rámec (čas, náklady, kvalita).

Pro většinu stavebních projektů krize projektu, pokud vůbec nastane, začíná i končí v úrovni konsolidační hloubky. Pro řízení projektu v konsolidační hloubce krize si projektový tým (stavební podnik) vystačí s vnitřními mechanismy systému řízení, případně sáhne ke změnám v personální oblasti (posílení nebo výměna projektového týmu). Do krize v úrovni konsolidační hloubky bývají stavební projekty uváděny celou řadou příčin. Jako příklad bych zde uvedl nejčastější příčiny, které osobně vidím v podcenění přípravy projektu, podcenění rizikového řízení, v nedostacích a chybách v projektové dokumentaci, chybějících kapacitách, nekvalitních subdodávkách atd.

Sanační hloubka krize stavebního projektu

Dochází ke kumulaci rizik, která se vymykají vedení projektu a schopnosti jim čelit. Dochází tím k vážnějším následkům do celého projektu a ohrožení jeho cílů. Zpravidla je nezbytné na některé cíle rezignovat, dojde k projektovým ztrátám a projekt je nutno zásadně přeplánovat. Často je tato krizová situace doprovázena razantními opatřeními ve vedení projektu a způsobu jeho dalšího managementu.

Sanaci často provádí externě dosazený krizový manažer nebo krizový tým.

Sanační hloubka krize ve stavebních projektech je také poměrně obvyklá. Nejčastěji se projevuje nedodržením některých zásadních parametrů projektu, tedy chronickým nedodržováním smluvního rozpočtu (nebo schválených smluvních nákladů na subdodávky) nebo dílčích termínů výstavby. Na vznik této krize bývá upozorněn management stavebního dodavatele zpravidla až investorem formou využití sankčních pokut nebo pohrožením odstoupení od smlouvy. Jde prakticky o selhání vnitřních kontrolních mechanismů stavebního podniku a komunikačních toků mezi stavebním projektem a formou. Projektový manažer stavby si většinou problémy nepřipouští anebo je tají. Zásah podniku bývá většinou rychlý a to výměnou zodpovědných osob, ne vždy si však podnik uvědomuje vlastní selhání

kontrolních mechanismů, špatně nastavení pravidel firemní komunikace nebo systému řízení, zejména v oblasti řízení rizik. Znáám firmy, které mají permanentní problém s dodržováním termínu výstavby a rozpočtu a které vzniklou situaci řeší vždy jen výměnou stavbyvedoucího, který obvykle za nic nemůže (nebo jen částečně).

Nuceně ukončovací hloubka krize stavebního projektu

Při této úrovni krize jsou na projektu tak hluboké problémy, že se nedá plánovat dokončení jeho nejvýznamnějších výstupů a je nezbytné jej předčasně ukončit. Rezignuje se na dosažení kritických projektových cílů a hledá se způsob řízeného ukončení s cílem minimalizace ztrát. Často se daří zajistit spolupráci mezi nuceně ukončovaným projektem a nově vznikajícími pokračujícími projekty.

Ve stavebnictví dochází v průběhu krize k její konsolidační hloubce zřídka. Příkladem rezignace na projektové cíle a předčasné ukončení projektu je projekt výstavby jižního centra v Brně nebo výstavby prodejního centra společnosti Bauhaus v Ivanovicích (16.000 m²!), které bylo postaveno v roce 2011 bez stavebního povolení pouze na základě souhlasu autorizovaného inspektora, ale následně již nebylo z důvodu žaloby o jeho neplatnosti zkolaudováno.

Likvidační hloubka krize stavebního projektu

Problémy jsou na projektu tak hluboké, že projekt už není možné řízeně ukončit projektovým týmem. Projekt je v takovém případě předčasně ukončen formou jeho likvidace bez možností využít jeho dosavadních výsledků pro jeho nástupce, jako tomu je u nuceného ukončení projektu.

S ohledem na časovou a ekonomickou náročnost přípravy stavebních projektů zasahuje likvidační hloubka krize stavební projekty pouze ojediněle. Zpravidla se vždy hledají a nacházejí způsoby jak dosáhnout alespoň nuceně dokončovací úrovně krize a projekt se podaří převést jinému subjektu jak ze strany investora nebo realizační firmy. Přesto se nucenému ukončení projektu někdy nedá vyhnout. Typickým příkladem mohou být nyní likvidované (demolované) rezidenční projekty ve Španělsku, které nenašly dostatečné využití nebo 17 let rozestavěná a doposud nedokončená stavba dálničního hotelu v Brně – Popůvkách či Outlet centra na 66 km dálnice Praha-Brno.

3 PRINCIPY KRIZOVÉHO ŘÍZENÍ STAVEBNÍCH PROJEKTŮ

Moderní struktura většiny stavebních firem je orientována na divizionální uspořádání s přechodem na projektově organizované systémy. Základním východiskem pro aplikaci projektově organizovaných struktur je poznání, že nejpodstatnější činností stavební firmy je realizace staveb (projektů). Veškeré aparáty divize či podniku tvoří pak jen nadstavbu, která poskytuje nezbytný administrativní, finanční, právní, technický servis pro realizaci jednotlivých projektů. [4] Význam dopadu krize a neúspěchu jednoho projektu na existenci celé stavební firmy může být fatální. Z hlediska krizového řízení stavebního podniku tedy tvoří řízení krize projektu základní součást krizového managementu firmy.

Krize projektu je situace v jeho průběhu, kdy projektový tým již nemůže zvrátit běžnými postupy a prostředky negativní proces v projektu. Krize projektu nastává při vypuknutí a současném souběhu několika rizik. Ve stavebnictví se jedná zpravidla o překročení rozpočtu, veliký časový skluz, nedostatek projektového cash-flow, problémy se subdodavateli, nedostatky v projektové dokumentaci, rozpad projektového týmu apod.

3.1 Obecný princip krizového řízení

Snahou každého subjektu, který je postižen krizí je co nejrychleji zastavit působení krize a eliminovat její následky. Cílem je stabilizace postiženého subjektu a jeho posunutí zpět na úroveň, ve které se nacházel, než krize nastala. Soubor opatření, přístupů a metod, kterými zasažený subjekt vlastními nebo externími silami aktivně na krizi působí, nazýváme krizové řízení.

Krizové řízení je ucelený soubor přístupů, názorů, zkušeností, doporučení, metod a opatření, které pověřený management užívá k zvládnutí specifických činností při:

- Minimalizaci zdrojů (příčin vzniku) krizových situací **/korekce/**;
- Přípravě na činnost v krizových situacích **/prevence/**;
- Bránění vzniku a eskalaci krizových situací **/kontrakce/**;
- Redukci zdrojů krizových situací a jejich negativního působení **/redukce/**;
- Odstraňování následků působení negativních faktorů krizové situace **/obnova/**. [5]

Pojem krizové řízení a jeho aplikace se používá ve všech oblastech (státní správa, armáda, průmysl atd.). Obecný princip krizového (Obr. 1) řízení je shodný, jen krizový objekt, metody a opatření jsou odlišné a je samozřejmě uplatnitelný i ve stavebnictví.



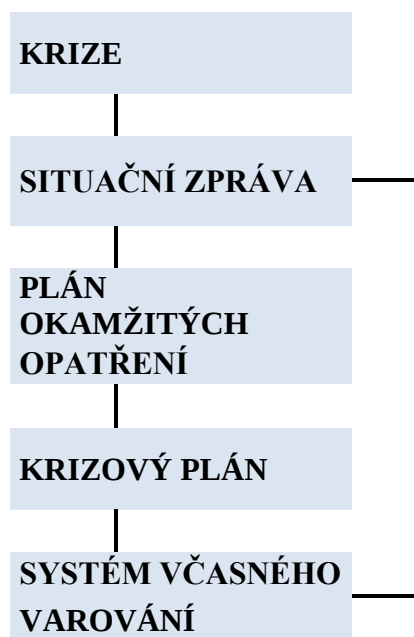
Obr. 1.: Obecné schéma krizového řízení podle [5], [6]

3.2 Přístupy ke krizovému řízení stavebního projektu

Prvním přístupem je řízení krize, která již nastala a kterou lze poměrně snadno identifikovat. Ve stavebnictví mohou být příkladem takovýchto krizí sociálně politické krize, které mají za následek změnu vládní strategie v rozestavěných investičních projektech, ekonomické krize, ve které se nacházíme nyní nebo krize v důsledku živelných pohrom a havárií. Způsob řízení takové krize bývá označován jako **následné krizové řízení**.

Postup následného krizového managementu bývá realizován podle následujícího schématu:

1. identifikuje krizovou situaci a rizika (překážky), která ji svým vypuknutím způsobila zpravidla formou **situační zprávy**,
2. podniká okamžitou nápravu k minimalizaci škod a zabránění dalšího negativního působení krize zpravidla krátkodobým tzv. **plánem okamžitých opatření**,
3. hodnotí příčiny krize a stanovuje systémová protiopatření k zotavení z krizové situace ve formě **krizového plánu**,
nastavuje preventivní protikrizová opatření formou **systému včasného varování**. [2]



Obr. 2.: Schéma následného krizového řízení

Druhým přístupem krizového řízení podniku je **preventivní krizové řízení**, které je zaměřené na predikci potencionální krizové situace a na preventivní eliminaci hrozící krize. Na rozdíl od rizikového řízení je ale zaměřeno na předvídání vzájemné kumulace potencionálních rizik nebo na rizika se zásadním dopadem, kterým nastavené projektové struktury nebudou schopny účelně čelit. [3] Zejména v zahraničí věnují některé stavební firmy preventivnímu krizovému řízení vysokou pozornost a realizují ho pomocí interního auditu, který může simulovat krizové situace k ověření chování systému a klíčových řídicích pracovníků a je zaměřen na:

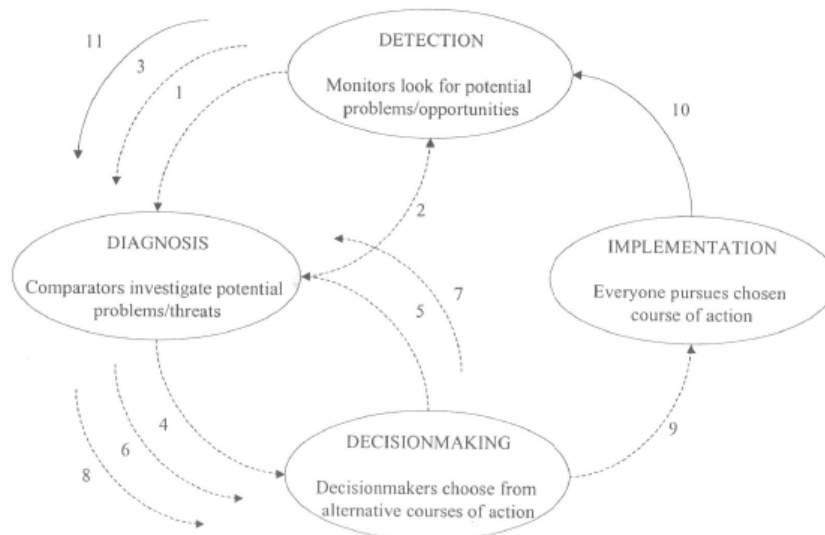
1. redefinici strategie podniku
2. optimalizaci vnitřních procesů
3. hledání cest, jak generovat vyšší hodnotu při nižších nákladech
4. měnící se rizikový profil v souvislosti se změnami v potřebách jednotlivých stran.



Obr. 3.: Schéma preventivního krizového řízení

3.3 Způsob řízení krizí ve stavebních projektech

Způsobu řízení **krizí ve stavebních projektech** není věnováno v odborné literatuře mnoho pozornosti. Jedním z řešitelů tohoto problému je M. Loosemore[3], který se ve své práci věnuje analýze krizových situací stavebních projektů a popisuje dynamiku krize a způsob jejího řízení, který je patrný z následujícího schématu na obr. 4.

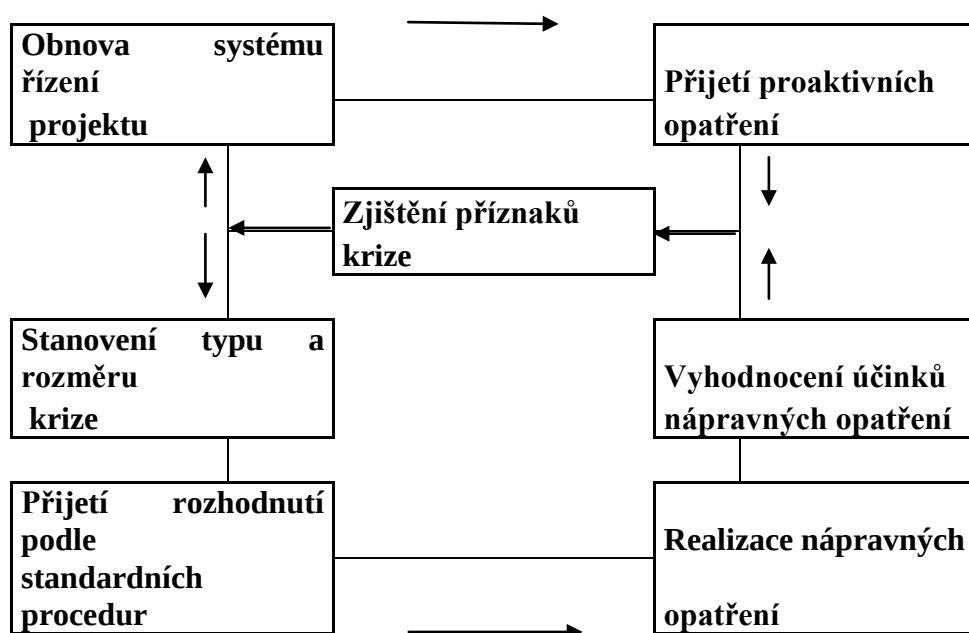


Obr. 4.: Příklad dynamiky krize a jejího řízení podle Loosemorea[3]

3.4 Dynamický cyklus krizového řízení

Krizové řízení jsem na základě studia obecných teoretických principů popsaných v této kapitole a osobních praktických zkušeností z realizací krizového řízení ve stavebních projektech jsem rozdělil do sedmi fází. Dynamiku krize podle Loosemora [3] jsem upravil a seřadil do logického uzavřeného cyklu. Obr. 5.

1. Zjištění příznaků krize
2. Stanovení typu a rozměru krize
3. Přijetí rozhodnutí podle standardních procedur
4. Realizace přijatých opatření
5. Vyhodnocení účinku nápravných opatření
6. Obnova systému řízení projektu
7. Přijetí proaktivních opatření pro zabránění vzniku obdobné krize



Obr. 5: Dynamický cyklus krizového řízení

V tomto systému začíná krizové řízení stejně jako v moderním pojetí krizového řízení proaktivním procesem.

První fází tohoto cyklu je moment ***zjištění příznaků krize***. Schopnost účinně reagovat na jakoukoliv krizi závisí na včasném rozeznání kumulace potenciálních rizik jejich monitoringem.

Druhou fází je ***stanovení typu a rozměru krize*** identifikací příčin a možných důsledků krize. Specialisté, kteří monitorují problémy a odhalují jejich potenciál, provádí zároveň jejich diagnózu. V případě, že je problém odhalen, je předložen s podrobným rozбором a návrhem

alternativních řešení operativně sestavenému krizovému managementu. Ten rozhoduje o dalším postupu.

Výstupem třetí fáze je **přijetí rozhodnutí podle standardních procedur** podnikového a projektového řízení.

Ve čtvrté následující fázi **dochází k realizaci nápravných opatření**. Implementace zvolené varianty musí být provedena velmi rychle a důsledně.

V páté fázi krizového řízení management průběžně zaznamenává reakci systému na aplikované řešení problému a podle zjištěných výsledků **vyhodnocuje účinky nápravných opatření**.

Pokud je krize projektu odstraněna vrací se organizace řízení projektu k normálnímu stavu. Po šesté fázi krizového řízení nastává **obnova systému řízení projektu**.

Zpravidla však vybraná varianta způsobu odstranění krize neobnoví systém úplně. Někdy v důsledku aplikovaného řešení vyvstává potenciál nových nebezpečí. V těchto případech musí být opět uplatněno proaktivní krizové řízení a opakování dynamického cyklu.

Krize projektu je po jejím odstranění analyzována a krizový management zaznamenává zkušenosti, které jsou podkladem pro **přijetí proaktivních opatření** budoucích projektů. Každý nový dynamický cyklus zvyšuje svoji účinnost tím, že čerpá zkušenosti z řízení předchozích krizí. Toto pravidlo je obecně platné pro všechny obory podnikání.

4 SOUČASNÉ NEDOSTATKY V PROJEKTOVÉM ŘÍZENÍ STAVEBNÍHO PODNIKU A STAVEBNÍHO PROJEKTU

Moderní a úspěšné stavební společnosti využívají ke svému řízení celou řadu manuálů, vnitropodnikových směrnic, příruček řízení jakosti a rizik. Tyto systémy řízení, pokud jsou systematicky a důsledně dodržovány jsou velmi účinné v běžných provozních situacích při realizaci stavebních projektů. Jejich nedostatkem však ve většině případů je to, že nenastavují model chování managementu projektu a firmy při krizové situaci. Tomuto samozřejmě předchází nutnost definovat co to vůbec je krize konkrétního stavebního projektu nebo podniku. Tato definice je velmi složitá a individuální. To co znamená krize téhož projektu pro jeden stavební podnik (například nedostatečné financování projektu), pro druhý podnik může znamenat jen zvýšení rizik. Stejně tak mohou být rozdílné definice krizí stavebních podniků. Důležité tedy je stanovení pouze obecných mechanismů chování při vzniklé situaci, stanovení definic krizí a symptomů blížící se krize a jejich indikátorů (např. opakované zpoždění termínů výstavby u klíčových subdodavatelů, opakované chyby v projektové dokumentaci, překročení nákladů o určité procento z celkového rozpočtu atd.). Podobně jako je tomu u řízení rizik stavebních projektů.

5 ZÁVĚR

Schopnost řídit stavební projekt a řídit stavební projekt v podmínkách krize nejsou totožné. Krizové situace zvyšují požadavky na manažerské dovednosti a odhalují slabé stránky systémů řízení stavebních firem, projektových manažerů a top vedení stavebních podniků. Krize ve stavebních projektech však zároveň dávají možnosti vyniknout těm, kteří dokážou účelně a rychle reagovat pod vysokým tlakem a využít přeměny nebezpečné situace na normální stav ve prospěch stavebního projektu a zlepšení řídicích mechanismů firmy. Zastavení zhoubného působení krize, identifikace jejích příčin, odstranění příčin a dopadů

krize, znovuuštění běžného řízení projektu, tedy celý proces krizového řízení, zvyšuje know-how stavební společnosti. Úspěšné zvládnutí krize stavebního projektu může přispět i k posílení good-willu firmy to je její schopnosti získávat zakázky a ochotě investorů je firmě svěřit, schopnosti získávání garančních kapacit a finančních zdrojů a v neposlední řadě udržení a získávání nových klíčových manažerů. To vše má pozitivní vliv na základní strategické veličiny likviditu a rentabilitu stavební firmy.

Použitá literatura

1. Lacko B., IT projekt v krizi. IT Systems 3/2012
2. Hujňák, P., Hujňák, J.: Krizový management ICT projektů. Firemní publikace společnosti Per Partes Conting, s.r.o., 2010.
3. Loosemore, Martin. *Crisis Management in Construction Projects*. American Society of Civil Engineers, 2000
4. Loosemore, Martin. *Crisis Management in Construction Projects*. American Society of Civil Engineers, 2000
5. ANTUŠÁK, Emil. *Krizový management: hrozby - krize - příležitosti*. Vyd. 1. Praha: Wolters Kluwer Česká republika, 2009.
6. ZUZÁK, Roman. *Krizové řízení podniku: (dokud ještě není v krizi)*. 1. vyd. Praha: Professional Publishing, 2004. 179 s. ISBN 80-86419-74-6.

Kontaktní údaje:

Ing. Michal Vondruška
ČVUT Fakulta stavební, katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví
Thákurova 7
Praha 6

PŘÍPADOVÁ STUDIE: EXPORTNÍ FINANCOVÁNÍ JAKO STRATEGICKÝ NÁSTROJ PRO VSTUP NA PERSPEKTIVNÍ VÝCHODNÍ TRHY

CASE STUDY: EXPORT FINANCING AS A STRATEGIC TOOL FOR PROSPECTIVE EASTERN MARKETS ENTRY

Jan Pícha

Abstrakt

Ekonomiky východních zemí však nadále zůstávají podinvestovány, zejména výstavba veřejné infrastruktury tak představuje velký potenciál pro zkušené české stavební firmy, které drží potřebné know-how a technologie. Aby tyto společnosti uspěly v mezinárodním konkurenčním prostředí, jsou exportéři nuceni přicházet s řešeními šitými na míru s vysokou přidanou hodnotou. Dodávka projektů a stavebních celků včetně projektového financování se ukazuje jako klíčový faktor úspěchu v mezinárodních tendrech. Díky vládnímu programu na podporu a financování exportu, je zde několik domácích firem, které působí na východních trzích a úspěšně si počínají ve vysoce konkurenčním mezinárodním prostředí. Cílem této práce je představit model exportního financování jako strategickou alternativu pro vstup na mezinárodní trhy.

Klíčová slova: *exportní financování, strategie, konkurenční výhoda, mezinárodní stavebnictví*

Abstract

The markets of eastern Europe are suffering from neglected public infrastructure and thus represent a huge potential for experienced Czech firms which are possessing necessary know-how and technologies. In order to withstand the pressure resulting from increasing market competition, exporting firms are forced to come out with tailor made solutions and high level of value-added. Delivering project construction together with secured project financing proved to be the key success factor in East-European environment. Due to the government export financing program, there are several firms which have been active in these prospective eastern markets and succeeded at highly competitive international bids. The aim of this research is to introduce export financing model as a strategic alternative for foreign market entry. As a research methodology case study method was selected.

Key words: *export financing, strategy, competitive advantage, international construction*

1 MARKET SITUATION

1.1 European Union

Latest development in construction sector forces construction firms to search for new ways and strategic alternatives in order to sustain their annual turnover, production capacities and specialization. Domestic construction production index (see Figure 1 bellow) demonstrates continuing poor market conditions without significant signs of recovery with slightly negative outlook. The sector production in 2012 came bellow the performance of 2005. Due to plunging domestic economy reporting minor GDP growth, cost cutting attitude

of the Czech government and shortage of stimulating factors, there is a high level of uncertainty about further development within of construction sector.

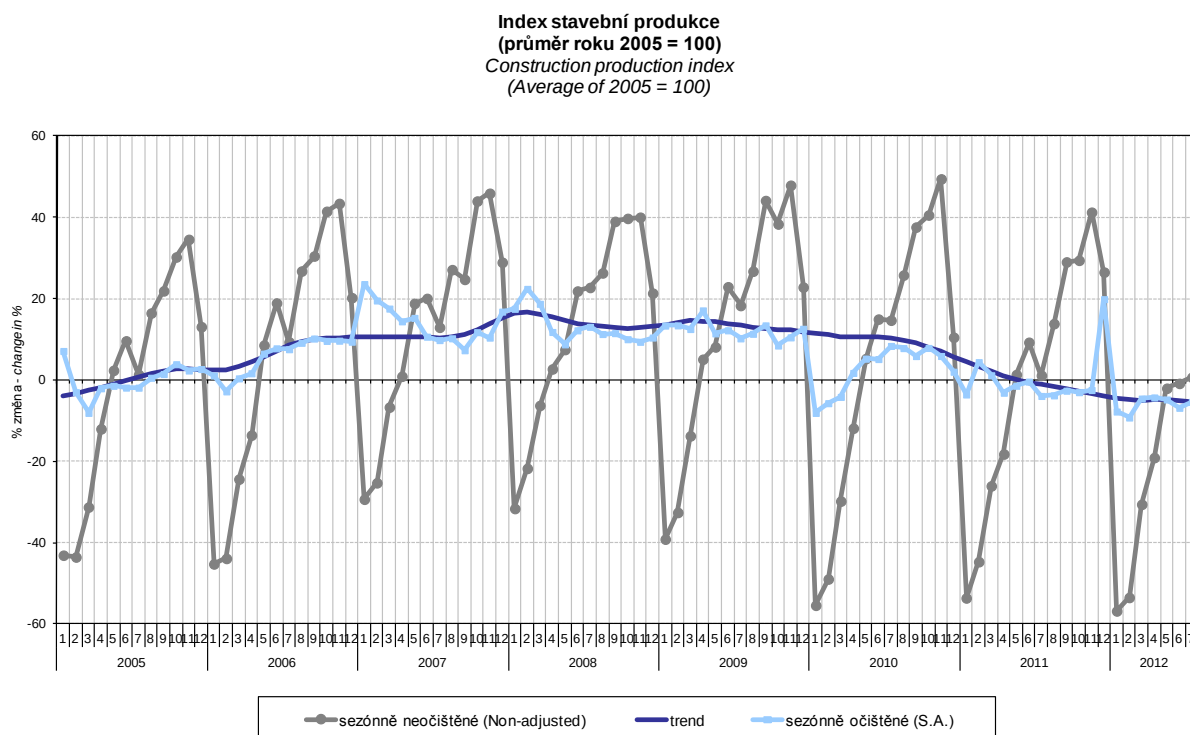


Figure 1. Czech construction production index 2005- 2012, Source: Czech Statistical office

In reaction to economic situation in the region of European Union with negative impact on overall construction sector domestic engineering firms should focus their activities and look for new opportunities in eastern markets. Based on historical connections and market knowledge, negligible language and cultural barriers, do the Czech firms have excellent reputation on the market of Russian Federation. Russia continuously reports steady economic growth represented by GDP index (see Figure 2. below). As of 2010 the country overcome GDP of year 2000 by 60 %, while EU average remains on the level of 115 % its 2000 GDP performance.

EU countries are suffering from current debt crises, subsidizing national deficits of PIIGS countries whereas Russian federation massively invests into neglected public infrastructure, in particular into strategic sectors of transportation, power engineering and mining. These are the sectors where the Czech engineering firms have traditionally held unique technological know-how. In addition to that, they have necessary experience and large numbers of reference projects ranging from ordinary construction works to deliveries of extensive technological units.

1.2 Russian Federation

The Russian federation has a strong and emerging market offering an extensive potential, promising high returns on investments, but also considerable risks and obstacles. After the political situation was stabilized and legal environment partially improved, foreign investors started to enter and invest in the Russian market. The Russian federation has attained political and economic stability. The country is set to experience another years of rapid economic growth on the back of high energy prices, foreign investments and increasing

domestic demand. Russian's focus is now on using the oil windfall to build and modernize infrastructure and create an environment conducive to business.

Apart from that, the overall environment remains risky, containing lots of barriers to entry. Project financing, legislation and corruption still remain substantial problems. Despite the world trend, interest rates of investment loans remain high; there is a lack of financial institutions willing to provide capital coverage even for domestic projects. Such a situation is challenging for those engineering firms securing project deliveries as well as project financing, which can result into competitive advantage for the Czech contractors due to which they can penetrate to eastern emerging markets.

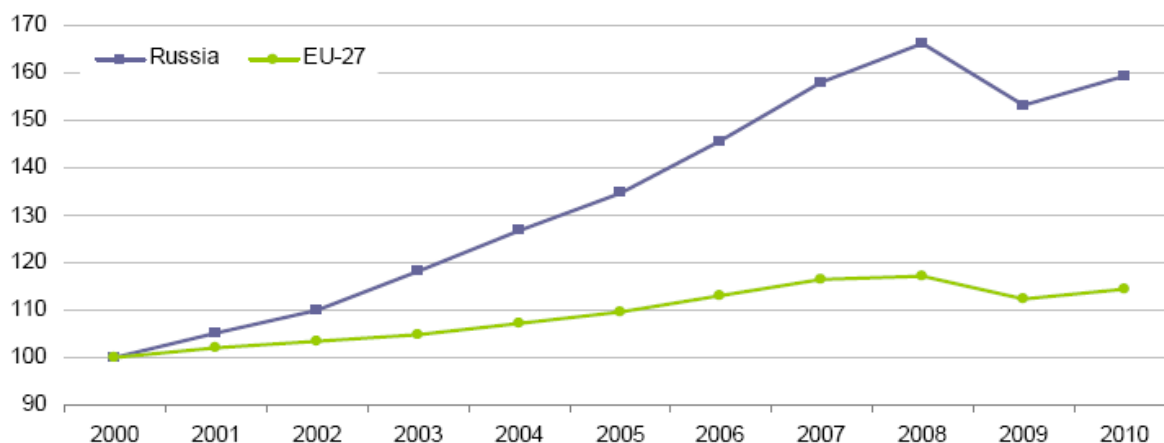


Figure 2: GDP indexed development 2000-2010 (2000=100), Source: Eurostat

2 GOVERNMENT INSTITUTIONS FOR EXPORT OF EXPORT

2.1 CEB - Government Export Credit Agency

National export credit programs are offered by the governments of most industrial nations as a means of facilitating exports and stimulating their own national economies. The official domestic agency is the Czech Export Bank (hereinafter only "CEB")

CEB is a specialized state owned banking institution for the state support of export. It was set up in 1995 and is one of the main pillars of the government's pro-export oriented policy. The objective of CEB is to provide state support for exports through the provision and financing of export credits and other services connected with exporting. CEB thus supplements the services offered by the domestic banking system by financing export operations that require long-term financing at interest rates and in volumes that are not available to exporters on the banking market under the current domestic conditions. CEB primarily supports projects linked to countries with high territorial risk with high demand for Czech products or services. Export financing credits with maturities exceeding 2 years are preferred. This allows Czech exporters to compete on international markets under conditions comparable to those enjoyed by their main foreign competitors.

The recipient of supported financing may be an exporter (i.e. a legal entity with registered offices in the Czech Republic, or in exceptional cases a natural person with permanent residency in the Czech Republic), or their foreign customer.

2.2 EGAP – Credit insurance company

EGAP is a credit insurance corporation insuring credits connected with exports of goods and services from the Czech Republic against political and commercial risks

uninsurable by commercial insurance. EGAP insures in particular bank loans due in over 2 years, intended to finance export of energy, machinery and technological systems, investment projects, transport constructions, usually to countries where political, economic and legal environment increases the risk of default. Company complements the range of commercial credit insurance products and fills the gap on the market. EGAP acts as a standard export credit insurance company in the role of a government tool to support national exports. The corporation provides insurance services to all exporters of Czech goods, services and investments, irrespective of their size, legal form and volume of insured exports. EGAP was found in 1992 as a joint stock company fully owned by the state.

3 CASE STUDIES

For this academic research appropriate case studies related to export financing were selected

3.1 Case study 1

Project:	Combined cycle power plant 60 MW, Krasavino
Territory:	Russian Federation
Contract price:	EUR 78 810 000
Exporter:	PSG International, a.s.
Importer:	GEP Vologdaoblkommunenergo (recipient of credit)
Financing bank:	Czech Export Bank a.s.
Insurance company:	EGAP
Importer's bank:	Vneshtorgbank
Term of delivery:	2006 – 2010 (full operation)
<u>Structure of financing:</u>	
Exporting buyer's credit:	EUR 66 988 500 (85 % of contract volume)
Tenor:	12 years (10+2)
Advance payment credit:	EUR 9 457 200 (12% of contract volume)
Tenor:	2 years

Characteristics of financing: Buyer's credit with signs of project financing – the whole project is assessed and evaluated according to the risk related to importer itself, not the stand alone project only.

Case study 1. -Export financing model:

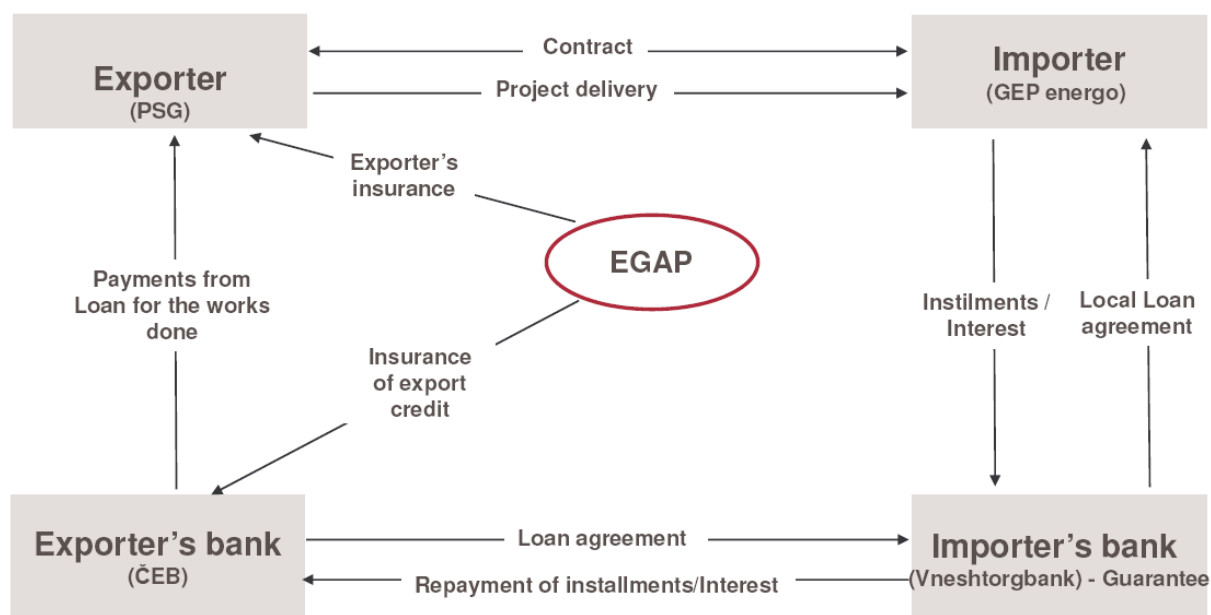


Figure 4. Inter- banking Buyer's Credit with EGAP insurance

3.2 Case study 2

Project: Combined cycle power plant – Kurganskaja TEC 229,5 MW

Territory: Russian Federation

Contract price: EUR 241 059 000

Exporter: PSG International, a.s.

Importer: Kurganskaja TEC, Russian Federation (recipient of credit)

Insurance company: EGAP

Financing bank: Czech Export Bank a.s. + Raiffeisenbank a.s.

Term of delivery: 2009 – 2011 (full operation as of 11/2011)

Structure of financing:

Exporting buyer's credit: EUR 204 900 000 (85 % of contract volume)
(there of EUR 50 Mil. from Raiffeisenbank)

Drawing period: 38 months

Tenor: 144 months incl. 6 months grace period

Advance payment credit: EUR 9 457 200 (12%)

Tenor: 2 years

Characteristics of export financing: Buyer's credit with signs of project financing – the whole project is assessed and evaluated according to the risk related to importer itself, not the stand alone project only.

Case study 2 - Export financing model:

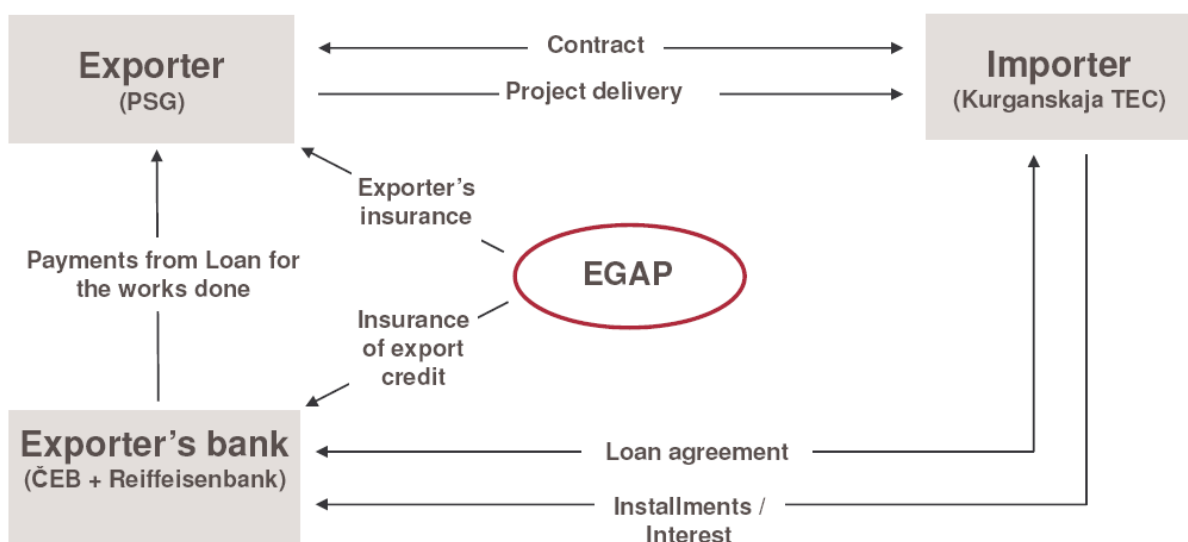


Figure 5. Buyer's credit with EGAP insurance

3.3 Case study 3

Project:	Construction and delivery of mining hoist machinery – LLC EuroChem – Volgakaliy
Territory:	Russian Federation, Volgograd Region
Contract price:	EUR 38 603 000
Exporter:	I N C O engineering, s. r. o.
Importer:	EuroChem-Volgakaliy, Limited Liability Company (recipient of credit)
Insurance company:	EGAP
Financing bank:	ING Bank N.V (50 %); Commerzbank AG (50 %)
Importer's bank:	Sberbank
Term of delivery:	2010 – 2013

Structure of financing:

Exporting buyer's credit: EUR 36 719 505 EUR
 Consisting of EUR 32 812 550 (85 % of contract volume) +
 Insurance fee of 3 906 955 EUR

Drawing time:	08/2010 – 02/2013
Tenor:	10 years
Payback frequency:	20 semi-annual installments (08/2013 – 02/2023)

Characteristics of financing: Buyer's credit with signs of project financing – the whole project is assessed and evaluated according to the risk related to importer itself, not the stand alone project only.

Case study 3 - Export financing model:

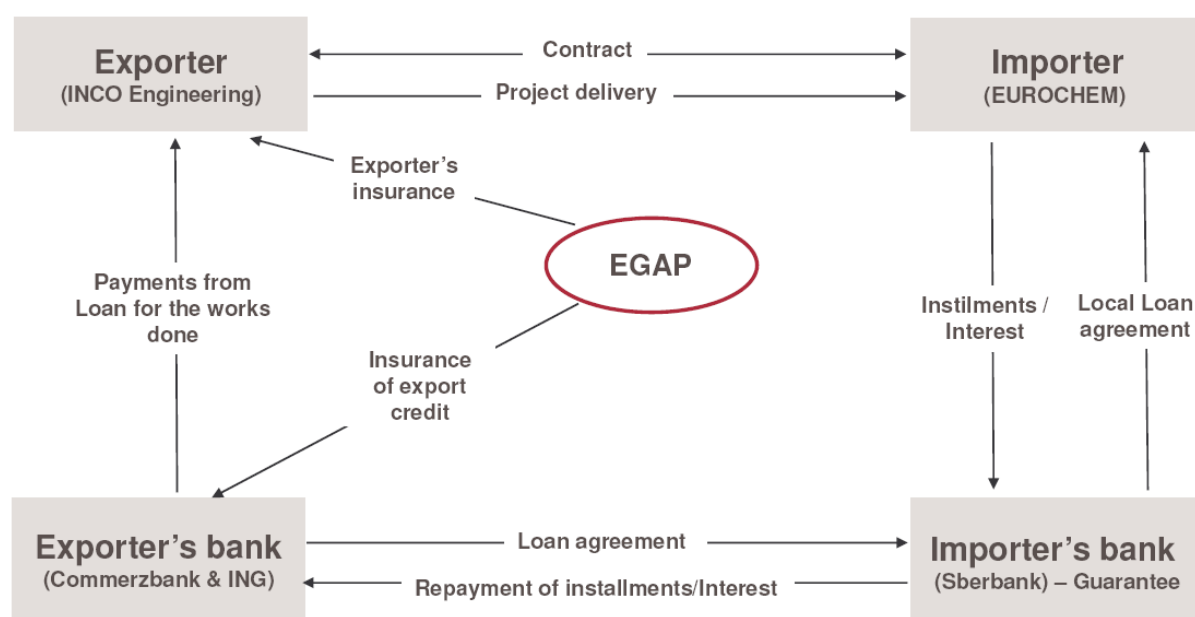


Figure 6. Inter- banking Buyer's Credit with EGAP insurance

4 SPECIFICS OF EXPORT FINANCING

4.1 Buyer's credit characteristics:

- Buyer's credit is designed for companies exporting its production abroad (respectively for foreign investors)
- Credit for specific purposes provided by exporter's bank to foreign client / debtor (debtor can be represented by buyer's bank or by foreign buyer himself)
- the credit is usually provided up to 85 % of contract value (condition of EGAP), remaining volume of 15 % is covered by buyer via 15 % advanced payment
- Preferably designed for exporting of goods and services originated from the Czech Republic (share of Czech producers on exported goods/services has to be at least 50 %)
- The credit can be drawn after the delivery of ordered goods or services via direct payments to exporter's account.
- Conditions of credit provision and repayment structure are defined in appropriate loan agreement
- Provided credit is insured by EGAP up to 95 % of credit volume, exporter's bank risk participation usually equals to 5 % thereof half is this share is transmitted to exporter.
- Exporter has to be the Czech legal entity or natural person
- Exporter can be also based on International joint venture (IJV) with the Czech leading JV entity
- Project has to contain significant share of goods and services of the Czech origin.
- Consumer goods and agricultural commodities are not eligible for export financing
- Insurance of buyer's credit by EGAP covers credit risk resulting from loan repayment via receivables from the credit provided; protects financing bank against the risk resulting from unsettled receivables from foreign investor or his bank due to territorial risks.

4.2 Contracts to be signed before the credit drawing

- Commercial contract between exporter and foreign buyer
- Collateral agreement between foreign buyer and his guarantor
- Loan agreement between exporting bank and foreign buyer / importer's bank
- Realization agreement about project financing between exporting bank and exporter (to fulfill exporters liabilities towards exporting bank)
- Insurance agreement between exporting bank (policy holder) and EGAP (insurer)

5 CONCLUSION:

Application of export financing concept and partnering with government agencies proved to be crucial competitive advantage. Possession of technologies and sufficient extend of reference projects and lowest price bid doesn't necessarily have to lead to success in tender. For deliveries to developing countries or countries with high territorial risks securing project financing proves to a critical issue requirement.

Some countries are still suffering from unclear legal framework, poor economic environment and consequently from lack of trust of local banks towards potential lenders.

5.1 Critical success factors

Based on above mentioned case studies we identified the following critical success factors for successful execution of export financing concept:

- Existing framework agreement between domestic financing bank and a foreign bank regarding the provision of mid- to long-term loans granted by the bank of the foreign buyer
- Hedging of creditor's interest and repayment receivables against the foreign borrower by means of export credit insurance
- Importer's high credibility, steady market position and proven track record
- Exporters's ability for project execution, successful reference projects
- Cooperation with experienced banking institutions and government agencies with appropriate market knowledge and business contacts in targeted destination
- high level of project analysis performed
- mutual consent of politicians (political coverage)
- strategic character of the project
- political willingness to support export financing to particular destination (availability of EGAP insurance and bank credit limits)

Reference / Websites:

1. Česká exportní banka, a.s.
<http://www.ceb.cz>
2. Český statistický úřad
<http://www.czso.cz/>
3. Exportní garanční a pojišťovací společnost, a.s.
www.egap.cz
4. INCO engineering s r.o.
<http://inco-p.cz/>
5. PSG International a.s.
<http://www.psg.eu>
6. European Commission - Eurostat
<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/>

Kontaktní údaje

Ing. Jan Pícha
České Vysoké Učení v Praze, Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6
Tel: +420 734 236 456
email: honza.picha@seznam.cz

STAVEBNÍ MATERIÁLY
CONSTRUCTION MATERIALS

THE USE OF LIGHTWEIGHT BUILDING MATERIALS ON THE MARKET IN THE CZECH REPUBLIC AND ABROAD AND THE POSSIBILITIES OF ITS EXTENSION

Eva Tůmová, Rostislav Drochytka

Abstract

In the Czech Republic we can find a wide range of lightweight building materials and aggregates. There are available on the market various types of lightweight building material structures, aggregates etc. A lot of those material are on silicate basis with cellular aggregates in them. There are also a lot of other types of constructions, which can be determined as light or lightweight (wooden, light prefabricated halls, etc.).

Key words: *building material, lightweight aggregate, concrete, floor*

1 INTRODUCTION

When new system of building materials is proposed, it must be first mapped the situation on the market with building materials in our country and in neighbour countries. There is a need to get a comprehensive overview of technologies, lightweight construction materials throughout Europe and overseas, also there is a need to get a set of materials that are already on the market that can be innovated or that need a completely new design.

2.1 Products made of lightweight materials in the Czech Republic

A wide range of manufactured lightweight building materials and aggregates is available in the Czech republic. At the same time are on the market available various types of lightweight structures where the reason for the low weight is not result of using lightweight construction materials based on silicate or cellular aggregates. The low weight of these structures depends upon the type of construction.

Lightweight construction materials

As for lightweight building materials, ready to use on the site, the lightweight concrete is probably most mass-produced lightweight construction in the Czech Republic is. To a lesser extent, a lightweight screed can also be find. Another very common type of porous building materials in the Czech Republic, whose are produced by many manufacturers is the production of lightweight thermal insulation mortar and mortar. Other types of lightweight building materials must of course include the various types of polymer-based materials such as expanded polystyrene, both extruded in sheets, and free for backfill or as aggregates, as well as extruded polystyrene, etc.

Another important product on market of building materials are all kinds of stone, gravel and fillers, such as aggregate Liapor, Liaver, expanded perlite, vermiculite, foamed slag, slag, foamed glass, glass powder, various types of spheres and microsilica. Some of these materials can be used as a standalone building materials e.g. powders, but mostly used as a backfill.

For completeness, we should mention other types of materials that can be used in different ways in the building industry, both those that were used in the past and new materials that are used today, or is recorded with a return to old practices in innovative form. Their common feature is often very low density as well as good thermal insulation properties. These are

materials such as wood and various products of wood and composites, as well as other natural materials such as hemp shives, straw, cork, etc. Finally, it is also a variety of polymer films, plates, plastic pipes, various sealing and insulating materials.

Lightweight concrete

Lightweight concrete is produced in concrete mixing plants in a special way by adding lightweight aggregates, such as Liapor, followed by the addition of microsilica, fly ash, slag and various other types of lightweight aggregate (Perlite, etc.).

Lightweight concrete can be achieved by increasing the porosity of concrete omitting some fraction of aggregates.

Mortars

On the Czech market, the most frequent building material for the production of on-site are different types of lightweight mortar and both bagged and in silos. These mortars are usually sold under the name of thermal insulation.



Figure 1: Sample of thermal insulating mortar

The issue of external mortar is slightly more complicated than internal. Exterior renderings are directly exposed to climatic influences, and therefore constitute a "buffer" against the effect of the external environment. Thanks to huge temperature fluctuations in both winter and summer (difference within 24 hours up to 40 ° C) the demands on the physical properties of the external mortar are high - they must pass moves and pressures from contraction or expansion caused by temperature change, stress arising from the transfer temperature gradient due their thickness, to cope with the change of the substrate (brick versus mortar in the joints), all while having sufficient adhesion to the surface. In the absolute majority of cases is recommended to improve the adhesion of mortar core with cement injection, since the contact between surfaces formed with mortar has the greatest stress. Another requirement of the external mortar is resistance to external mechanical damage.

A good compromise between conventional and thermally insulating mortar are called porous mortars which, can partially take the insulation function.

To achieve very low thermal conductivity the mortars are usually filled with perlite or polystyrene granulate. These mortars usually have low compressive strength and are therefore less resistant to mechanical damage. Therefore it is necessary to protect the hard cover with mortar, which also prevents excessive ingress of atmospheric moisture into the porous substrate and allows the excess indoor humidity leave to the outside environment. Covering the mortar with any colour paint is also part of the rendering system. Sealing layer is due to the required permeability of recommended materials based on silica and silicon.

2.2 Products made of lightweight materials abroad

Abroad, it is possible to observe a similar trend in the use of light and light-weight building materials as in Czech republic.

In the Nordic countries like Sweden and Norway it is possible to note that traditionally, it is widely used wood for buildings. Lightweight constructions of wooden buildings are quite common and come from these countries. This is mainly due to the local climate.

In neighbouring countries such as Poland, Slovakia, Austria and Germany is due to the same climate preferred the same type of building materials as in our country. It is possible to observe a massive trend towards the use and development of lightweight aggregate and lightweight materials. This is happening both on direct and indirect lightening. There is still need to develop new lightweight construction materials. Boom can be seen especially in the field of development of new fillers. There is pressure for new types of porous stone and gravel for use in construction.



Figure 2: Leghtweight aggregate Poraver (8-16mm; 0,5-1mm)

Range of lightweight construction materials in foreign markets is partially overlaps with the market in the Czech Republic, whether in terms of various types of expanded clay (Liapor), cellular glass (Refaglass) and different types of expanded perlite, vermiculite, etc. Last but not least, it is necessary to mention the massive use building materials based on porous concrete.

2 CONCLUSION

The article was focused on the current state of research on lightweight construction materials market. There were briefly described the most important cellular building materials that are manufactured in the Czech Republic and distributed to the market. Marginally were mentioned various other materials that could be considered suitable for use in the manufacture of lightweight building materials.

Further, the situation in the foreign market for cellular materials was outlined from the geographical point of view. It was found that in neighbouring countries, the situation on the market and the offer of cellular building materials is very similar offer in the Czech Republic, often with only slight differences in trade names, or production technologies.

This result was realized with financial support from the state budget through the Ministry of Industry and Trade under the project FR-TI3/742 The lightweight materials for finishing construction of secondary materials.

References

1. SVOBODA, P., Doležal, J., *Průmyslové podlahy v objektech pozemních staveb*, Bratislava JAGA GROUP 2007, ISBN 978-80-8073-054-0
2. SVOBODA, L. a kol. *Stavební hmoty*. Nakladatelství JAGA GROUP, s. r. o.; 2004, 471 stran, ISBN 978-80-8076-057-1.
3. PÍCHA, F.: *Expandované stavební hmoty*, Sborník geologických věd, 02. 02. 1961
4. PYTLÍK, P., *Vlastnosti a užití stavebních výrobků*, VUTIUM Brno 1998, ISBN 80-214-1123-6
5. DROCHYTKA, R., MATULOVÁ, P., *Lehké stavební látky*, Studijní opory pro studijní program stavební inženýrství, Vysoké učení technické v Brně, Brno, 2006

Contacts

Ing. Eva Tůmová
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební
Veveří 331/95, 602 00 Brno
Tel: 541 147 521
email: tumova.e@fce.vutbr.cz

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební
Veveří 331/95, 602 00 Brno
Tel: 541 147 501
email: drochytka.r@fce.vutbr.cz

VÝROBA, VLASTNOSTI A UŽITÍ KOMPOZITNÍHO TERMOPOLYMERU V KONSTRUKČNÍCH DETAILECH

PRODUCTION, CHARACTERISTICS AND USE IN COMPOSITE TERPOLYMER CONSTRUCTION DETAILS

Darina Dostálová, Michal Vacek, Libor Matějka, Jan Pěňčík

Abstrakt

Vzhledem ke stále rostoucím cenám energií, omezenosti přírodních zdrojů a nárůstem odpadních hmot je použití recyklátů nejen logickým ekologickým krokem, ale i ekonomicky efektivním. V případě kompozitů, ve kterých je obsaženo více materiálových variant, je možno díky poměrům jednotlivých složek dosáhnout vlastností u přírodních materiálů jinak nedosažitelných).

Klíčová slova: kompozit, konstrukční detail, tepelný most

Abstract

Given the ever increasing energy prices, limitations of natural resources and the increase of waste materials is the use of recycled materials not only a logical environmentally step, but also economically efficient. In case of composites with the presence of several variants of the material is possible by ratios of the various components to achieve the characteristics of natural materials in otherwise inaccessible).

Key words: composite, construction details, thermal bridges

1 KOMPOZIT JAKO TEPELNÝ IZOLANT

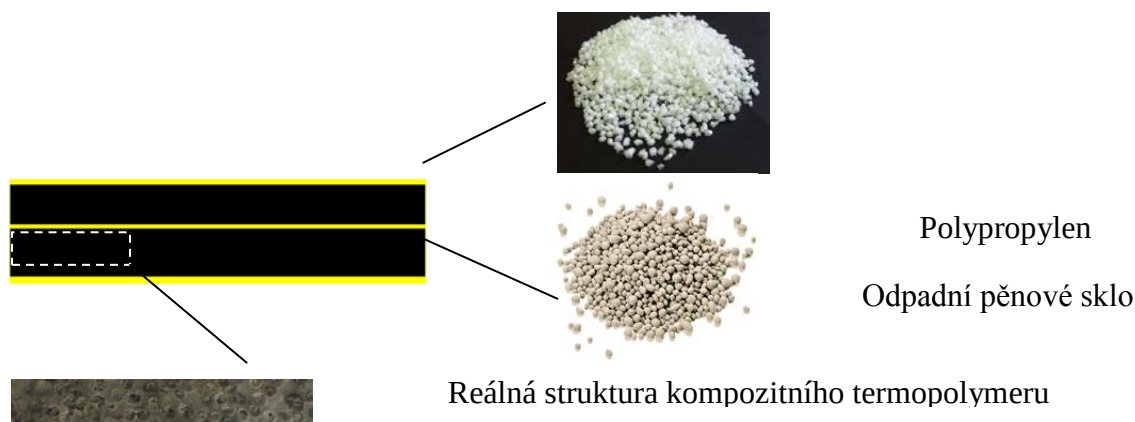
S rozvojem nízkoenergetické a pasivní výstavby je třeba řešit nové tepelně technické detaily pro eliminaci tepelného mostu. Problematické jsou zejména detaily, kde jsou kladeny požadavky na mechanickou odolnost a nenasákavost tepelného izolantu. Jedná se zejména o detaily v patě zdiva, soklové části spodní stavby, atiky, předsazených konstrukcí a detaily v oblasti okenních otvorů. V těchto místech tepelných vazeb prvků vznikají kritická místa obvodové konstrukce budovy a vzniká tak riziko snížení tepelného odporu konstrukce, nejčastěji v lineární vazbě, kde je potom do centra nejnižšího odporu tepelný tok nasměrován směrem do exteriéru, do chladnějšího prostředí a současně prostředí s nižším tlakem.

Snížení tepelného odporu konstrukce v určitém omezeném místě (omezené bodově, nebo lineárně) se nazývá tepelný most. Při nedostatečné eliminaci tepelného mostu může docházet v konstrukci k vadám jako je vlhkost, růst plísní, následné hnilobě. Tyto vady mohou vést k poruchám konstrukce, které nejenže nesou zdravotní rizika pro osoby zdržující se v takovéto budově, ale i pro samotnou konstrukci.

2 DESIGN KOMPOZITNÍHO TERMOPOLYMERU

Kompozitní blok byl navržen jako částicový kompozit o dvou materiálových složkách. Matrici tvoří termoplastický polymer. Byl použit polypropylen se součinitelem tepelné

vodivosti $\lambda=0,22 \text{ W/K.m}^2$. Jako plnivo s tepelně izolační funkcí bylo zvoleno odpadní pěnové sklo se součinitelem tepelné vodivosti $\lambda=0,068 \text{ W/K.m}^2$ (součinitelé tepelné vodivosti byly v obou případech změřeny experimentálně). Tepelně izolační blok je tvořen vrstvením matrice a pojiva.



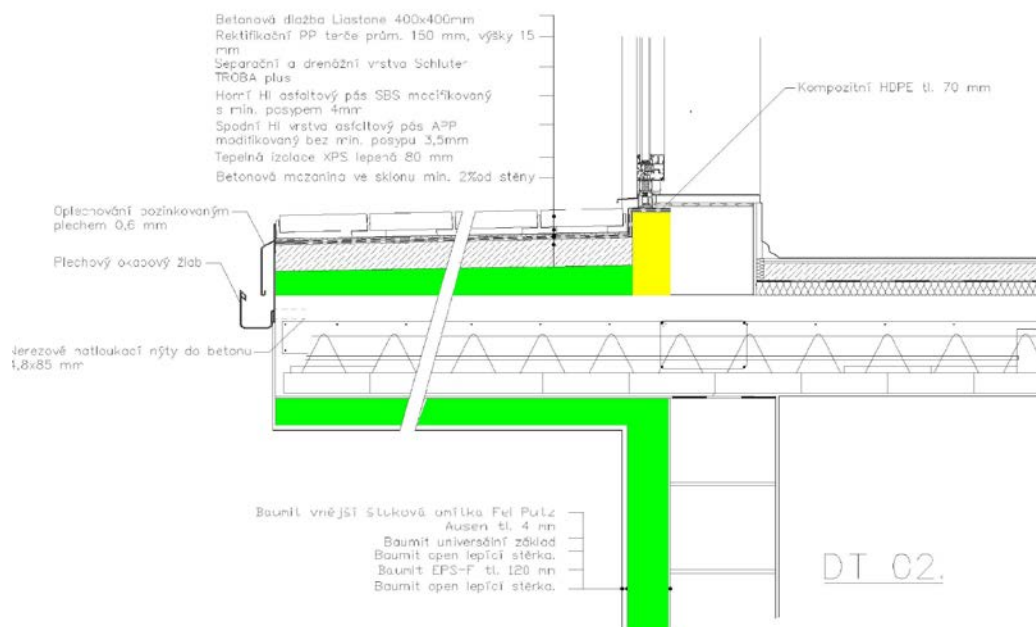
Tepelně izolační blok lze použít i jako spojovací prvek pro prokotvení konstrukčních dílů fasády ohraničující exteriér s interiérem např. u volně vyložených konzol pro kotvení a vytvoření izolačního bloku pod prahem balkonových dveří.

3 ELIMINACE TEPELNÝCH MOSTŮ U VOLNĚ VYLOŽENÝCH KONZOL

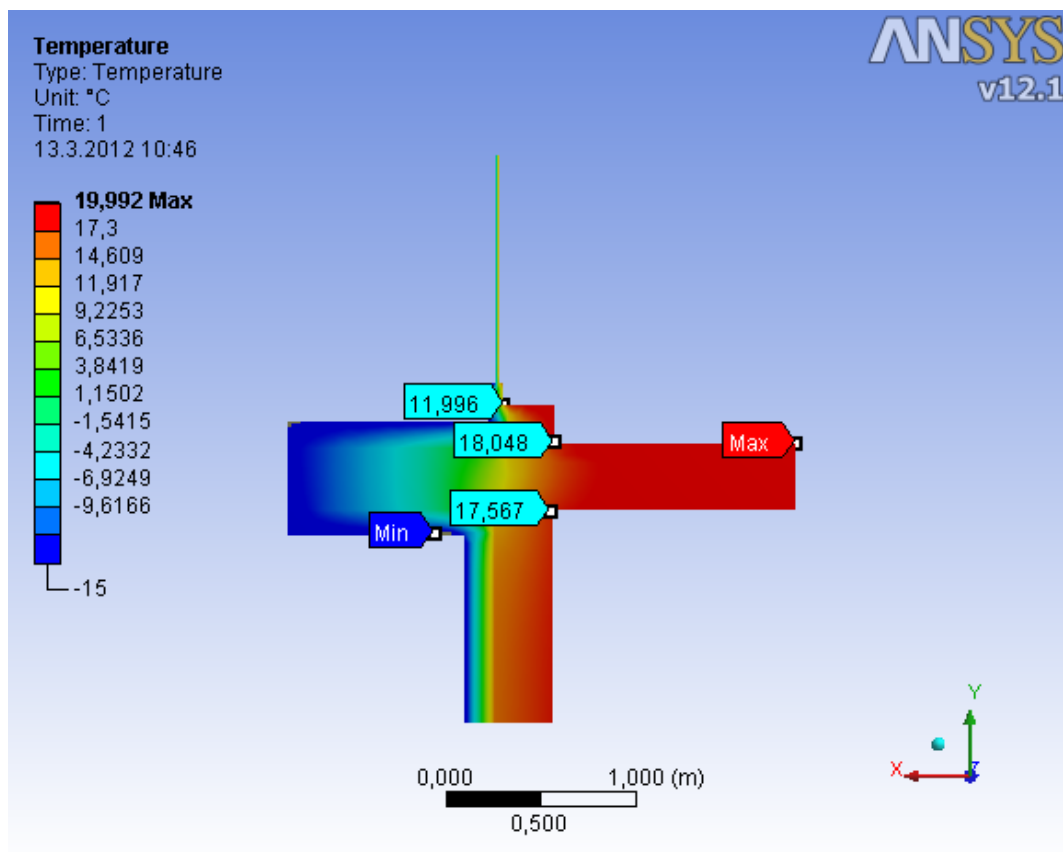
Problematika tepelných mostů u volně vyložených balkonových železobetonových konzol se řeší buď dodatečným obalením celé konstrukce tepelnou izolací, nebo přerušením tepelného mostu v místě železobetonové konstrukce na rozhraní interiéru s exteriérem. Obalení celé železobetonové konzoly je technicky jednoduché ovšem také nákladné, navíc navýšení celkové tloušťky konzoly není estetické. Pro přerušení tepelného mostu se používá ISO nosník, kde je omezeno vedení tepla železobetonem. Tepelným mostem zůstává pouze samotná výztuž.

Dalším kritickým místem kde je snížen tepelný odpor konstrukce je v oblasti kotvení balkonových dveří do prahu. Tepelně izolační blok lze použít jako spojovací prvek sloužící pro kotvení dveřního rámu, nebo jako celistvá tvárnice tvořící jak práh tak kotevní spojovací prvek v jednom. Eliminace tepelného mostu v oblasti prahu pomocí tepelně izolačního termopolymeru lze kombinovat s tradičními prvky pro přerušení tepelného toku do exteriéru, jako jsou Iso nosník, nebo variace obalení konzoly a obvodové stěny tepelnou izolací.

4 DETAILS PŘERUŠENÍ TEPELNÉHO MOSTU U VOLNĚ VYLOŽENÝCH KONZOL S APLIKACÍ KOMPOZITNÍHO TERMOPOLYMERU



4-1 Obrázek. Příklad eliminace tepelného mostu v oblasti konzoly a v oblasti pod balkónovými dveřmi pomocí tepelně izolačního kompozitního plastu.



4-1a Obrázek. Modelace 3D teplotního pole programem Ansys detailu z obr. 5-1.

Modelace 3D teplotního pole v oblasti kritických detailů byla provedena zejména pro zjištění nejnižší povrchové teploty v koutech, kde by mohlo docházet ke zvýšenému teplotnímu toku a tak i vzniku tepelného mostu.

Ke kondenzaci na povrchu konstrukce dojde při povrchové teplotě 10,21°C je-li teplota v místnosti 21°C a relativní vlhkost vzduchu 50%. K růstu plísní může dojít i v případě kdy povrchová teplota nedosahuje hodnoty rosného bodu, ale relativní vlhkost v místnosti se zvedne na 80%. V takovém to případě je nutné přispůsobit provoz v obývaném prostoru, tak aby ke zvyšování vlhkosti nedocházelo, nebo aby k němu docházelo jen krátce a vlhkost byla vhodně odvětrána.

5 ZÁVĚR

Z detailu modelace teplotního pole Obr.4-1a. Je patrné, že povrchová teplota konstrukce na straně interiéru nedosáhla hodnot rosného bodu, tj. pro tuto konstrukci 10,2°C, ale při změně vlhkosti z 50 na 80% by teplota rizika vzniku plísní dosáhla hodnoty 17,42°C.

Při správném použití ISO nosníku, není třeba dodatečné izolace balkónové konzoly. Je třeba se zaměřit na místa v oblasti kotvení dveřního rámu a na materiál tvárnice nebo prvku, do kterého je rám kotven. Z tohoto důvodu je dobré použít iso blok z pěnoskla, nebo kompozitního termopolymeru, nebo rám přímo osazovat do zdící tvárnice s dobrými tepelnými parametry např. Ytong Lambda.

Vedle sledování tepelného toku (součinitele prostupu tepla konstrukce, lineárního činitele prostupu tepla a průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy) je další sledovanou veličinou, která zajišťuje zdravé životní podmínky, teplotní faktor vnitřního povrchu.

Každé i nepatrné zvýšení tepelného toku ven z objektu je nežádoucí jak pro nízkoenergetický tak pasivní dům.

Použitá literatura

(podle normy ČSN 730540)

1. *Wienrberger* [online]. 27.11.2011 [cit. 2011-11-27]. Dostupný z WWW: <http://www.wienerberger.cz/servlet/Satellite?pagename=Wienrberger/Page/Start05&sl=wb_cz_home_cs>.
2. *Foamglas* [online], 27.11.2011 [cit. 2011-11-27]. Dostupný z WWW: <<http://www.foamglas.cz/>>.
3. *Ytong* [online], 27.11.2011 [cit. 2011-11-27]. Dostupný z WWW: <<http://www.ytong-dum.cz/>>.
4. *Cad-detail* [online], 27.11.2011 [cit. 2011-11-27]. Dostupný z WWW: <<http://www.cad-detail.cz/>>.
5. ČSN 73 05 40 – 2 Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky.

Kontaktní údaje

Ing. Darina Dostálová
Vysoké učení technické v Brně
Fakulta stavební, Ústav pozemního stavitelství
Veveří 95
602 00 Brno
Tel: 541148111
email: DostalovaD@study.fce.vutbr.cz

Ing. Michal Vacek
Vysoké učení technické v Brně

Fakulta stavební, Ústav pozemního stavitelství
Veveří 95
602 00 Brno
Tel: 541148111
email: 5@post.cz

Ing. Libor Matějka Ph.D, CSc, MBA
Vysoké učení technické v Brně
Fakulta stavební, Ústav pozemního stavitelství
Veveří 95
602 00 Brno
Email: matejka.l@fce.vutbr.cz

Ing. Jan Pěňčík Ph.D
Vysoké učení technické v Brně
Fakulta stavební, Ústav pozemního stavitelství
Veveří 95
602 00 Brno
Email: pencik.j@fce.vutbr.cz

ANALYSIS OF BUILDINGS MATERIALS INDICATORS IN SYSTEM OF BUILDING ENVIRONMENTAL ASSESSMENT

Eva Krídlová Burdová, Silvia Vilčeková, Monika Čuláková

Abstract

Sustainability assessment of buildings can be defined as a specific complex of proceedings oriented towards systematic and objective evaluation of a building's performance. These processes lead to the design, construction and operation of buildings with respect to criteria for sustainable development. The criteria of sustainability are included in building environmental assessment systems and tools used in different countries for evaluating their sustainable and environmental performance. In recent years the evaluation of building performance in terms of environmental, social and economic aspects has become a topic of discussion in the Slovak Republic, as well. The purpose of this paper is to introduce the building environmental assessment system (BEAS), which was developed at the Technical University of Košice, special assessment of building materials.

Key words: *building environmental assessment, building materials, life-cycle assessment*

1 INTRODUCTION

The sustainability of a building material could be commonly measured by, the reclamation rate and the recyclability of the retired building material, and the recycling content of the new building material. Buildings come to their end-of-life usually not because of any structural issue, but rather the original purposes of the buildings shift; and existing buildings no longer support their new roles and functions. The possibility of remodeling depends largely on how flexible it is for the original building to adapt to its new roles. Concrete structures can only be modified to a certain extent at a cost that might be more expensive than building new structures [1, 2]. By contrast, steel structures, which in many cases are bolted together, facilitate deconstruction and reuse. Readapting existing building for other purposes, or reusing existing building materials for the construction of a new building not only saves new materials from being used, but also cuts the associated environmental impacts of producing and transporting those materials [2]. In assessing the performance of buildings, the scope of environmental evaluation is widening, marking an evolution from a single criterion consideration, like the economic performance of buildings, towards a full integration of all aspects emerging during the lifetime of a building and its elements. It becomes there - fore clear, that "Sustainable Buildings" is a broad, multi-criteria subject related to three basic interlinked aspects: economics, environmental and social [3, 4]. The 21st century is the century of the global climatic changes and the key criterion for secondary market materials utilization has to be their environmental impact [5].

2 BUILDING ENVIRONMENTAL ASSESSMENT

In recent years, the evaluation of building performance in terms of environmental, social and economic aspects has become a topic of discussion in the Slovak Republic, as well. The new building environmental assessment system (BEAS) has been developed at the Institute of Environmental Engineering, Technical University of Košice. The systems and tools used in many countries have been the foundation of the new system development applicable under

Slovak conditions, mainly the SBTool. The main fields and relevant indicators of BEAS have been proposed on the basis of available information analysis from particular field of the building performance in Slovakia and also according to our experimental experience. The manner and form of indicators evaluation is inspired according to the SBTool. The proposal of the main fields results from the quality of the outdoor and indoor environment, nature and landscape conservation, exploitation of natural resources and so on. Building construction is subject to environmental deterioration, hence the proposal of site selection and project planning field is valid in BEAS. In Slovakia, buildings are characterized by high energy consumption therefore the energy performance is also an important field of assessment. Selection of building materials and structures is very important in terms of embodied energy and emissions of pollutants. BEAS as a multi-criteria system includes environmental, social and cultural aspects. The proposed fields and indicators respect and adhere to Slovak standards, rules, studies and experiments. In this study, the presented system has been developed for the preliminary stages of the life cycle, i.e. pre-design and design. The developed assessment system for Slovakia contains 6 main fields and 52 indicators (Table 1).

Table 1 Main assessment field in system BEAS

Main fields of assessment		Weights [%]
A	Site selection and project planning	21.34
B	Building construction	14.54
C	Indoor environment	22.52
D	Energy performance	27.84
E	Water management	7.80
F	Waste management	5.97

3 ASSESSMENT OF BUILDING MATERIALS AND CONSTRUCTIONS

3.1 Analysis of indicators in the field of building materials

Materials

Environmentally friendly building materials and constructions are intended to reduce energy and material flows during the entire building life cycle. The evaluation is focused on the assessment of consumption and depletion of material resources, especially non-renewable resources, to minimize the life-cycle impact of materials on the environment and enhance the indoor environmental quality by concentrating on the evaluation of energy flows through the building constructions.

Use of materials that are locally produced

Locally produced materials are often sought because they match a local design aesthetic and can be more durable in the local climate. However, choosing local materials also supports local economies and reduces the environmental impacts of transportation [6].

Product environmental labelling

Environmental labelling programs and environmental certification schemes are two tools that have been used to promote environmental responsibility within industry. They are largely voluntary programs that provide consumers with environmental information. By enabling environmental criteria to be considered during purchasing decisions, labelling and certification programs help consumers to “vote through the marketplace” for more

environmentally responsible products. Some proponents suggest that these voluntary systems may obviate the need for some environmental regulations [7].

Use of recycled materials

There are many benefits to your business of using recycled materials in your construction project, including: reducing material and waste disposal costs; increasing your competitive advantage; reducing your CO₂ emissions; meeting your planning requirements; complementing other aspects of eco-design; responding to and pre-empting changes in public policy, such as increases in Landfill Tax; responding to client requirements [8].

Use of substitutes in concrete

The production of cement is a significant contributor to global warming. In addition to optimising the energy efficiency of Portland cement production plants, the amount of cement used in concrete mixes can be reduced by using cement substitutes [9].

Radioactivity of building materials

Generally, natural building materials reflect the geology of their site of origin. The average activity concentrations of ²²⁶Ra, ²³²Th and ⁴⁰K in the Earth's crust are 35, 30 and 400 Bq/kg respectively [10]. The raw materials commonly used in the construction industry may contain NORM at different activity concentrations according to their place of origin. Table (Table 2) presents typical values of NORM in masonry used as structural materials and covering layers [11].

Table 2. Activity concentration range (Bq/kg) of common building materials [8]

Building materials	²²⁶Ra [Bq/kg]	²³²Th [Bq/kg]	⁴⁰K [Bq/kg]
Concrete	18-67	3-43	16-1100
Light weight concrete	10-60	6-66	51-870
Bricks	7-140	6-127	227-1140
Gypsum	1-67	0.5-190	22-804
Cement	13-107	7-62	48-564

LCA

In order to identify savings in energy and emissions from any type of bioenergy production and use, a thorough evaluation from “cradle to grave must be carefully carried out [12]. Life cycle assessment (LCA) has been the method of choice in recent years for various kinds of new technologies for bioenergy and carbon sequestration. LCA is an universally accepted approach of determining the environmental consequences of a particular product over its entire production cycle. This systematic approach will eventually reveal the true potential of the product evaluated and identify the environmental hot spots in the product chains so that precautionary steps can be suggested to reduce the negative environmental impact [13, 14]. LCA is a method of evaluating the environmental impact associated with a product, process or activity during its life cycle by identifying and quantitatively or qualitatively describing its requirements for energy and material, and the emissions and waste released to the environment. The entire life cycle is included in the assessment, which means that the product under study is followed from the initial extracting and processing of raw materials through manufacturing, distribution, and use, up to final disposal, including all transportation involved. Besides identifying the environmental impact of the product or activity, LCA identifies also which activities in the product life cycle contribute most to this impact [15].

Of the multitude of environmental categories, in the generally currently uses the following:

Primary energy embodied in building materials

The energy consumed from “cradle to gate” of a product or service is called primary energy content. It is derived accounting for both renewable and non-renewable sources of energy. Oil, natural gas, coal and uranium are defined as non-renewable resources, whereas renewable resources are wood, hydroelectric power, solar and wind energy. The primary, non-renewable energy content - PEI_{ne} - is calculated by adding the gross calorific value of all the non-renewable resources used in the process (such as manufacturing of a product). Similarly the primary, renewable energy content - PEI_e - sums all renewable energy sources used [15].

Global warming potential

The most common substances contributing to global warming are also defined using the term Global Warming Potential (GWP). This parameter is expressed in relation to carbon dioxide (CO₂) emissions. The Global Warming Potential defines the contribution of a given substance to global warming in comparison to the contribution of an equal amount of CO₂ [15].

Acidification Potential

Acidification occurs primarily through the reaction of nitrous oxides (NO_x) and sulphur dioxide (SO₂) with other components in the air such as hydroxyl (radical). The Acidification Potential (AP) is a measure of the tendency of a component to become acidified [15].

3.2 Proposal of indicators for assessment of building materials

According to the analysis of material properties introduced above was proposed subfields and indicators for assessment of building materials and constructions. The developed building environmental assessment system is applicable in Slovak conditions. The proposed fields and indicators respect Slovak standards, rules, studies and experiments. This subfield and indicators of assessment are presented in the table (Table 3).

Table 3. Assessment of building construction in system BEAS

B	Building construction	Weights [%]
B1	Materials	75
B1.1	Product environmental labelling	18.77
B1.2	Use of materials that are locally produced	24.77
B1.3	Use of recycled materials	30.46
B1.4	Use of substitutes in concrete	15.07
B1.5	Radioactivity of building materials	10.92
B2	LCA	25
B2.1	Primary energy embodied in building materials	33 %
B2.2	Global warming potential	33 %
B2.3	Acidification potential	33 %

The evaluation of these indicators is determined according to the percentage, by weight, of environmentally friendly building products that are incorporated in the evaluated building. The significance weighting of indicators of assessment was determined using Saaty method [16]. The results of significance determination are presented in the table above.

3.3 Certification scale in BEAS

The certification scale is based on the summarization of points of the indicators included in BEAS. The score for each indicator is multiplied by the weighting coefficient aggregated into

a final summation. Performance levels are considered including an environmentally unacceptable building (-1), an environmentally acceptable building (0), an environmentally friendly building (3) and a sustainable building (5). Level -1 represents a building not meeting the minimum requirements determined by valid standards, 0 represents a building meeting minimum requirements determined by valid standards, 3 represents a building which exceeds the requirements of standards and level 5 means achievement of the requirements for sustainable building. Table 4 presents a certification key for environmental certification.

Table 4. Certification key

Score	Category
-1	Environmentally unacceptable building
0	Environmentally acceptable building
3	Environmentally friendly building
5	Sustainable building

To support BEAS a software tool enabling comprehensive evaluation of buildings was developed. The software tool for BEAS is based on the international software tool in Microsoft Excel for building environmental assessments – SBTool. The tool has nine evaluative lists. The first evaluative list serves as the identification for the assessed building. The register of main fields and determining indicators is in the second evaluative list. In the next six evaluative lists are main fields of assessment. The result is presented in last evaluative list in form of column graph and comprehensive tables.

Conclusion

For the purpose of system verification, a statistically significant set of buildings needs to be evaluated. The outcome from the system verification will result in the modification of the fields and indicators weighting. Our future research work will then be an implementation of aspects and indicators given in European standards of the sustainability assessment of buildings to the building of an environmental assessment system applicable in Slovakia. The purposes of assessments from environmental, economic and social aspects and indicators are due to the determination of real building states from a safety and reliability point of view, the possibility of building comparisons, the effect of environmental buildings potential and the proposal of measures resulting in sustainable buildings.

Acknowledgements

This study was supported by Grant Agency of Slovak Republic to support of project No. 004TUKE-4/2011.

References

1. BODMAN, G. R., SHELTON, D. P. *Existing building-remodel or abandon?* NebGuide, Cooperative Extension, Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska, 1986.
2. LEE, B., TRCKA, M., HENSEN J. L. M. Embodied energy of building materials and green building rating systems—A case study for industrial halls. *Sustainable Cities and Society*, Vol. 1, Issue 2, July 2011, p. 67-71.
3. MWASHA, A., WILLIAMS, R. G., IWARO, J. Modeling the performance of residential building envelope. *Energy and buildings*, 2011.

4. DIMITRIS, A., GIAMA, E., PAPADOPOULOS, A. An assessment tool for the energy, economic and environmental evaluation of thermal insulation solutions, *Energy and Buildings* 41, 2009, pp. 1165–1171.
5. ONDOVÁ, M., ŠTEVULOVA, N., ZELENÁKOVÁ, E. Energy Savings and Environmental Benefits of Fly Ash Utilization as Partial Cement Replacement in the Process of Pavement Building. *Chemical Engineering Transactions*. Vol. 25, 2011, p. 1-6, ISSN 1974-9791
6. <http://www.naturallywood.com/sites/default/files/Locally-Produced-Materials.pdf>
7. <http://www.iisd.org/standards/ecolabelling.asp>
8. <http://www.businesslink.gov.uk/bdotg/action/detail?itemId=1086835812&type=RESOURCES>
9. <http://www.greenspec.co.uk/cement-substitutes.php>
10. UNSCEAR 1993. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and Effects of Ionizing Radiation. New York, 1993.
11. HAQUIN, G. *Natural Radioactivity and Radon in Building Materials*.
12. LAM, MK. LEE, KT., MOHAMED AR. Life cycle assessment for the production of biodiesel: a case study in Malaysia for palm oil versus jatropha oil. *Biofeuls Bioprod Bioferin*, Vol 3. 2009, p. 601-612.
13. DEEPAK, P. et al. An introduction to the life cycle assessment (LCA) of bioelectrochemical systems (BES) for sustainable energy and product generation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 15, 2011, p. 1305-1313.
14. BERLIN, J. Environmental life cycle assessment (LCA) of Swedish semi-hard cheese. *International Dairy Journal*, Vol. 12, 2002, p. 939-953.
15. http://www.dataholz.at/en/bauteil_info.htm [last accessed 27.9.2012]
16. KRÍDLOVÁ BURDOVÁ, E., VILČEKOVÁ, S.: Environmental Assessment of Building Materials and Constructions. *Applied Mechanics and Materials* Vols. 174-177, 2012, pp 3161-3165. ISSN: 1660-9336

Contact information

Ing. Eva Krídlová Burdová, PhD.
 Technické univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta
 Vysokoškolská 4, 042 00 Košice, Slovakia
 Tel: +421556024125
 e-mail: eva.kridlova.burdova@tuke.sk

doc. Ing. Silvia Vilčeková, PhD.
 Technické univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta
 Vysokoškolská 4, 042 00 Košice, Slovakia
 Tel: +421556024260
 e-mail: silvia.vilcekova@tuke.sk

Ing. Monika Čuláková
 Technické univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta
 Vysokoškolská 4, 042 00 Košice, Slovakia
 Tel: +421556024262
 e-mail: monika.culakova@tuke.sk

PRÍPRAVA LÁHKÝCH KOMPOZITOV NA BÁZE CELULÓZOVÝCH VLÁKIEN

PREPARATION OF LIGHTWEIGHT COMPOSITES BASED ON CELLULOSIC FIBERS

Júlia Čigášová, Nadežda Številová, Eva Terpáková, Jozef Junák, Alena Sičáková

Abstract

The use of natural fibers as reinforcements for composite is attracting more and more interest from a wide range of industries nowadays. Technical hemp (*Cannabis sativa*) is recently in the forefront in the manufacture of lightweight composites, where hemp shives acts as a filler. One of the major drawbacks of natural fibres is their high moisture sorption and their heterogeneity, which leads to a weak interface between the fibres and the matrix and a poor transfer of the applied stress between the materials. Chemically treated hemp shives in three solution (NaOH, Ca(OH)_2 , EDTA) were used for preparation of composites based on MgO-cement as binder. The influence of chemically treated hemp shives (NaOH, Ca(OH)_2 and EDTA) on physical (density, thermal conductivity and water absorbability) properties and compressive strength of hardened fibrous composites based on MgO-cement as binder was investigated. The lightweight composites made with modified fibers confirm different physical and mechanical properties in dependence on the character of reagent used for chemical treatment of hemp shives.

Key words: *hemp shives, lightweight composites, chemically treated*

1 INTRODUCTION

New environmental legislation as well as consumer pressure has forced the manufacturing industries to search for new materials that can substitute for conventional non-renewable reinforcing materials, such as carbon or glass fibers. On account of this, in recent years, the use of natural fibers including banana, sisal, coconut, flax, jute and hemp have attracted scientists and technologists for applications in consumer goods, low-cost housing and other civil structures. Natural fibers are very attractive for composite materials because of their advantages compared to synthetic fibers. These include lower levels of skin irritation and respiratory system during handling, reducing tool wear during the processing, good recyclability, abundant supply, low density, high specific strength to weight ratio, non-toxicity and biodegradability [1].

Hemp fibre has widely been used in many civilizations. It has been reported that the earliest use of hemp was over 6000 years ago [2]. Industrial hemp is the strongest and stiffest available natural fibres and has the potential to reinforce of composites. It can easily be grown around the world and has low cost, as well as good properties (low density, high specific strength) when compared to glass or aramid and is available as a renewable resource. Hemp fibre consists of mainly crystalline cellulose as well as hemicellulose, lignin and waxy substances [3]. One of the major drawbacks of natural fibres is their high moisture sorption and their heterogeneity, which leads to a weak interface between the fibres and the matrix and a poor transfer of the applied stress between the materials. Many research projects have been

devoted to the enhancement of the adhesion at the fibres–matrix interface, using for example chemical modifications of the surface of the fibres [4, 5].

The inherent difficulty of using natural fibres is due to the fact that their chemical and structural characteristics are complex. Specifically, hemp fibres are very heterogeneous and can be considered themselves as a composite system comprising three different parts. As can be seen in Fig. 1., from the outer to the inner part, hemp fibres consist of a middle lamella (a), a primary (b), a secondary (c) and a tertiary cell wall, build up around an opening, the lumen [6]. The middle lamella is mainly composed of pectins (macromolecules of galacturonic acid) that hold fibres together into a bundle. Next to the middle lamella, the primary cell wall consisting of disorganised arrangements of cellulose (a polymer based on glucose units) fibrils in an organic matrix of hemicelluloses, lignin and proteins.

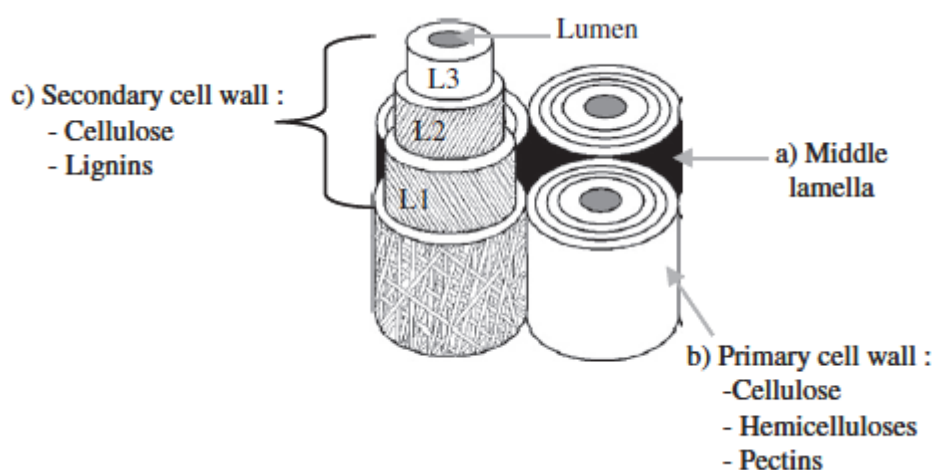


Figure 1: Structure of hemp fibres [4]

The secondary cell wall consists of three layers of cellulose fibrils with different axial orientation that are bound by lignin.

To optimise the adhesive strength in composites reinforced with natural fibres, surface treatment is necessary. The main objective of chemical modification is to remove pectins from the middle lamella in order to separate fibre bundles in fibrils. This fibrillation should lead to an increase the surface area available for chemical bonding between the fibres and the matrix and let appear a more homogeneous surface made of cellulose, which will probably enhance the adhesion between the fibres and the matrix [4].

The objective of this paper is to study the influence of the addition of chemically treated hemp shive slices on the physical and mechanical properties of lightweight composites based on MgO-cement as active binder.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 Materials

The technical hemp shive slices (*Cannabis Sativa L.*) which were used for preparation of composites coming from the Netherlands company Hempflax. Mean particle size was 24,2 mm; density = 117,5 kg.m⁻³.

Chemical composition of hemp shives is shown in Table 1, which shows that the shives contain 74,5 % holocellulose (44,2 % cellulose and 30,3 % hemicellulose) and 24,4 % lignin.

Table 1: Selected chemical characteristics of hemp shives

1.	Toluene-ethanol extract	%	3.5
2.	Holocellulose	%	74.5
3.	Cellulose	%	44.2
4.	Hemicellulose	%	30.3
5.	Lignin	%	24.4
6.	Ash	%	1.4

MgO-cement as binder was used in our experiments. It consists of caustic magnesite obtained by low temperature decomposition of natural magnesite (CCM 85, SMZ a.s. Jelšava, Slovakia), silica sand (Šaštín, Slovakia) with the dominant component of SiO₂ (95-98%) and sodium hydrogen carbonate (p.a). MgO has been milled in order to reduce its particle size. Dry milling was carried out in laboratory vibratory mill VM 4 for 5 minutes [7, 8].

2. 2 Chemical modification of hemp shives

Chemical treatment of dried hemp shives carried out in three liquid medium of ethylenediaminetetracetic acid (EDTA), calcium hydroxide and sodium hydroxide (Table 2).

Table 2. Chemicals used for modification of hemp shives surface

Chemical	Formula	Producer	Purity
ethylene-diamine-tetracetic acid	C ₁₀ H ₁₆ O ₈ N ₂	GAVAX s. r. o., Slovakia	p.a.
calcium hydroxide	Ca(OH) ₂	ROTH, Germany	≥96%, pulv.
sodium hydroxide	NaOH	CHEMAPOL, Slovakia	p.a.

Hemp shives surface treatment was performed as follow procedures:

- EDTA. Hemp shive slices were immersed during 3 h in a solution of EDTA (5 g/l). In order to ensure removal of excess EDTA, fibres were then washed with water.
- Alkalization. Hemp shive slices were soaked in 1.6 M NaOH solution during 48 h and then neutralized with vol.1% acetic acid. It was then washed with water until the pH value was 7.
- Ca(OH)₂. In order to saturate fibres with calcium ions, hemp shive slices were placed in a saturated lime solution ($[Ca^{2+}] = 2 \cdot 10^{-2}$ M) for 48 h. Following the impregnation, hemp material was washed with water.

Thus chemically treated hemp shives were used for composites preparing.

2.3 Preparation of composites

Experimental mixtures prepared according to the recipe published in work [9] consisted of 40 vol. % of hemp shives (unmodified and chemically treated), 29 vol % of MgO-cement and 31 vol % of water. The mixtures were homogenized and the standard steel cube forms with dimensions 100mmx100mmx100mm were used to preparation of bodies. Two days later the composites were taken out of the forms and cured under laboratory conditions required by

standard (STN EN 206-1, 2004) during 7, 28 and 60 days. Designation of the mixtures is given in Table 3.

Table 3. Designation of the experimental mixtures

Mixture	Treatment of hemp shives
1	Untreated - referential
2	by NaOH
3	by $\text{Ca}(\text{OH})_2$
4	by EDTA

2. 4 Methods

Morphology of untreated and chemically modified hemp shives was observed by using optical microscopy NIKON SMZ 1500 with 40x objective magnification. The bulk density, thermal conductivity coefficient, compressive strength and water absorbability were measured on hardened composites. Bulk density was determined in accordance with standard STN EN 12390-7 [10]. The thermal conductivity coefficient of samples, as the main parameter of heat transport was measured by the commercial device ISOMET 104 (Fig. 2a). The measurement is based on the analysis of the temperature response of the analyzed material to heat flow impulses. The heat flow is induced by electrical heating using a resistor heater having direct thermal contact with the surface of the sample. Compressive strength of all composites was determined using the instrument ADR ELE 2000. Water absorbability (Fig. 2b) was specified in accordance with the standard STN EN 12087/A1 (727056) [11].

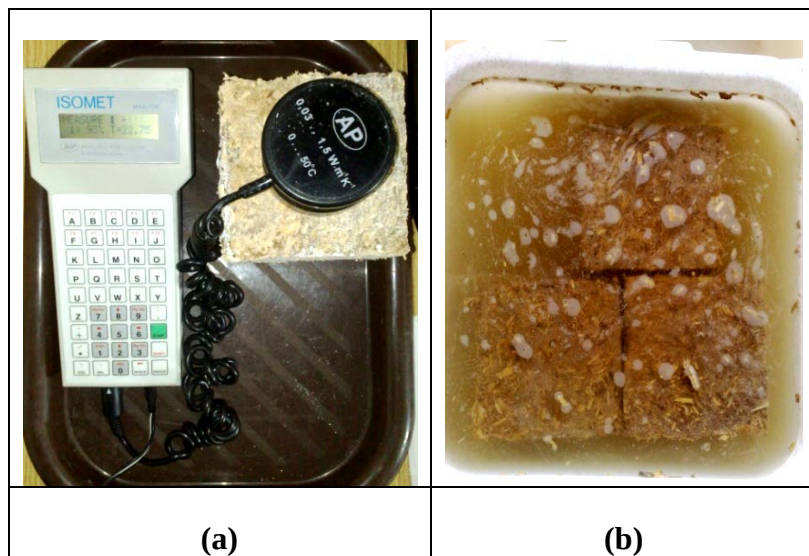


Figure 2. Measurement of thermal conductivity coefficient by the commercial device ISOMET 104 (a); water absorbability determination of composites (b)

3 RESULTS AND DISCUSSION

As shown in Figure 3, we observed changes in appearance and structure of shives after the chemical modification of hemp shives in comparison to referential (untreated) sample. The strongest pulping structure occurred after treatment with NaOH. In case of treatment $\text{Ca}(\text{OH})_2$

we observed formation of calcium ions on the surface of fibers. EDTA treatment removes the middle lamella of the fibres, we can clearly observe the cellulose microfibrils in every direction. As it was shown in [12], a partial elimination of the amorphous components such as hemicelluloses, lignins and pectins from the surface of hemp fibre bundles by the chemical treatment was realized.

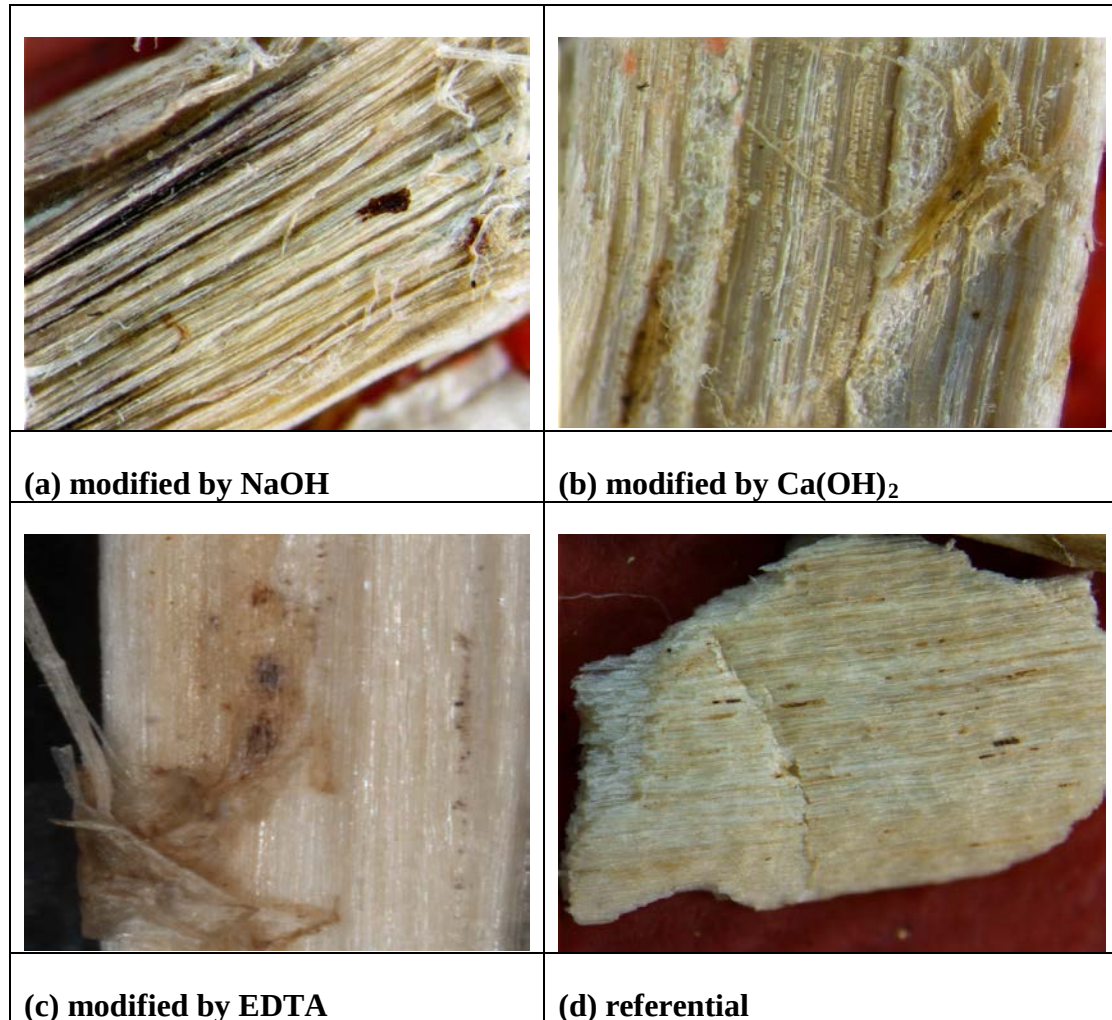


Figure 3. Hemp shives after modifications: NaOH (a), Ca(OH)₂ (b), EDTA (c), reference (d)

During the laboratory study, physical and mechanical properties of composites based on chemically treated hemp shives were compared to referential composite with unmodified hemp shives. Change in thermal conductivity coefficient, water absorbability, bulk density and compressive strength values composites with chemically modified hemp shives in comparison to referential composite after 7, 28 and 60 days hardening are shown in Table 4.

Table 4. Results of measurements of physical and mechanical properties of composites after 7, 28 and 60 days hardening

Sample	Thermal conductivity coefficient ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)	Water absorbability (%)	Bulk density ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	Compressive strength (MPa)
Results of measurements after 7 days hardening				
1	0,125	3,87	1420 ± 5	1,7
2	0,077	7,78	1440 ± 5	1,07
3	0,07	6,08	1290 ± 5	1,203
4	0,065	11,32	1220 ± 5	1,057
Results of measurements after 28 days hardening				
1	0,082	14,33	1110 ± 5	1,863
2	0,072	8,11	1190 ± 5	1,08
3	0,086	6,67	1140 ± 5	1,42
4	0,1106	5,69	1180 ± 5	0,91
Results of measurements after 60 days hardening				
1	0.08575	24.9	910 ± 5	1.339
2	0.058	20.07	1100 ± 5	1.64
3	0.071	7.32	1230 ± 5	1.89
4	0.072	9.80	1130 ± 5	1.50

Measurements show that values of thermal conductivity coefficient for composites are in a range $0.125-0.058 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. In the paper [15], it was reported, that the thermal conductivity coefficients of hardened composites based on MgO-cement and unmodified hemp shives of another origin were $0.111-0.23 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ and these values are comparable to other building materials such as aerated autoclaved concrete ($0.04-0.17 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$). The values of water absorbability of composites are in a range 3.87- 24.9 %. Composites based on untreated hemp shives had a highest values of water absorbability than composites prepared with chemically treated hemp shives. According to the measurements, bulk density of composites was found to be in the range of $910-1440 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. As shown, in all cases chemical treatment of hemp shives leads to increase in density value of composite compared to composite based on unmodified hemp shives. In the case of composites with modified hemp shives, the highest value of compressive strength was recorded for composite made from hemp shives treated by $\text{Ca}(\text{OH})_2$. The behaviour of composites based on chemically treated hemp shives with MgO-cement as a conventional binder is different in comparison to composites based on untreated hemp shives. Figure 4 shows dependency of the compressive strength on number of days of hardening lightweight composites.

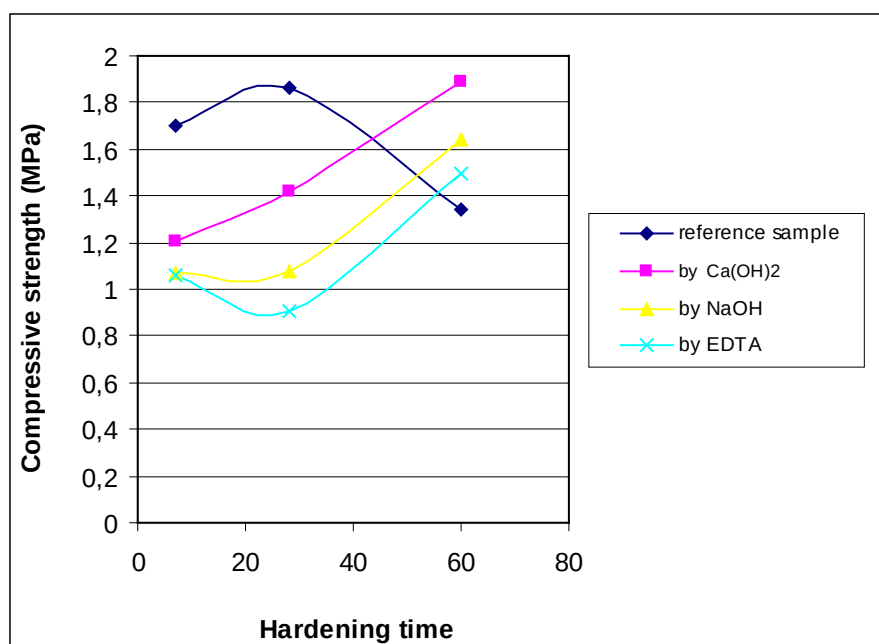


Figure 4. Dependency of compressive strength on hardening time

In the case of all composites based on chemically treated hemp shives slices we observed a progression trend in values of compressive strength in dependence on increased number of days of hardening. Referential composites based on untreated hemp shives had decreased trend in values of compressive strength in dependence on increased number of days of hardening. Explanation of this fact is related to the most likely to better adhesion of surface of chemically modified hemp particles with an inorganic matrix and with less porosity of hardened composites.

4 CONCLUSIONS

In this paper, the application of chemically treated hemp shives for lightweight composites preparing was tested. Physical (bulk density, thermal conductivity and absorbability) properties and compressive strength of composites with chemically modified hemp shives were compared with referential composite based on unmodified hemp shives after 7, 28 and 60 days of hardening. The lightweight composites made with modified fibers confirm different physical and mechanical properties in dependence on the character of reagent used for chemical treatment of hemp shives. In the case of all composites based on chemically treated shives, an improvement of measured parameters occurred. The best properties had a composite modified by Ca(OH)_2 . It is expected that further testing of composites with different curing methods will bring more light to explain the impact of chemical modification of hemp shives on the properties of composites.

Acknowledgements

The authors are grateful to the Slovak Grant Agency for Science for financial support of the VEGA project 1/0231/12.

References

1. CARVALHO, K., C., C., MULINARI, D., R., VOORWALD, H., J., C., CIOFFI, M., O., H. *Chemical modification effect on the mechanical properties of hips/ coconut fiber composites*. BioResources, Vol. 5, pp. 1143- 55, 2010.
2. DASON, D., MIZI, F. *Characteristic and Performance of Elementary Hemp Fibre*. Materials Sciences and Applications, Vol. 1, pp. 336- 42, 2010.
3. ISLAM, M., S., PICKERING, K., L., FOREMAN, N., J. *Influence of alkali treatment on the interfacial and physico-mechanical properties of industrial hemp fibre reinforced polylactic acid composites*. Composites: Part A, Vol. 41, pp. 596–603, 2010.
4. TROEDEC, M., RACHINI, A., PEYRATOUT, C., ROSSIGNOL, S., MAX, E., KAFTAN, O., FER, A., SMIT, A. *Influence of chemical treatments on adhesion properties of hemp fibres*. Journal of Colloid and Interface Science, Vol. 356, pp. 303–10, 2011.
5. TROEDEC, M., PEYRATOUT, C., SMITH, A., CHOTARD, T. *Influence of various chemical treatments on the interactions between hemp fibres and a lime matrix*. Journal of the European Ceramic Society, Vol. 29, pp. 1861- 68, 2009.
6. BLEDZKI, A., K., GASSAN, J. *Composites reinforced with cellulose based fibres*. Progress in Polymer Science, Vol. 24, pp. 221–274, 1999.
7. KIDALOVA, L., TERPAKOVA, E., PRIGANC, S., STEVULOVA, N. *Possibilities of using hemp shives in lightweight composites*. CEST 2011 : 12th international conference on environmental science and technology, pp. B-547-B-552, 2011.
8. KIDALOVA, L. *Determination of selected characteristics in hemp concrete*. Mladý vedec / Young Scientist: 3rd PhD. Student Conference of Civil Engineering and Architecture, pp. 1-6, 2011.
9. BYDZOVSKY, J. *Utilization of rapidly renewable raw materials in building materials*. Proceedings of the 12th International Scientific Conference, Brno: Brno Technical University, pp. 43-6, 2009.
10. STN EN 12390-7: *Testing hardened concrete. Part 7: Density of hardened concrete*, 2011.
11. STN EN 12087/A1: *Thermal insulating products for building applications. Determination of long term water absorption by immersion*, 2007.
12. CIGASOVA, J., STEVULOVA, N., TERPAKOVA, E. *Vplyv chemickej modifikácie konopného pazderia na vlastnosti vlákno- kompozitov*. Životné prostredie - Problémy a možnosti riešenia : ovzdušie - voda - pôda : zborník publikácií z 2. ročníka konferencie s medzinárodnou účasťou, pp. 117-122, 2012.

Kontaktní údaje

Mgr. Júlia Čigášová

Technická Univerzita v Košiciach, Stavebná Fakulta, Ústav Environmentálneho inžinierstva
Vysokoškolská 4, 042 00 Košice

Tel: +421 55 602 4278

email: julia.cigasova@tuke.sk

PROCES ENVIRONMENTÁLNEHO HODNOTENIA A OZNAČOVANIA ZAMERANÝ NA CEMENTY

ECO-LABELLING PROCESS FOCUSED ON CEMENT

Lenka Palaščáková, Adriana Eštoková

Abstrakt

Cement ako stavebný materiál významne ovplyvňuje životné prostredie v priebehu celého životného cyklu. Preto je dôležité hodnotenie cementu z rôznych hľadísk. V súčasnej dobe cementársky priemysel významne prispieva k znižovaniu negatívneho vplyvu cementu na životné prostredie, a to najmä prostredníctvom využitia nových technológií pri výrobe, čo vedie k zlepšeniu kvality konečného výrobku. V tomto príspevku sú prezentované poznatky o environmentálnom hodnotení a označovaní cementov na Slovensku a vo vybraných krajinách, kde označovanie cementov existuje, ako aj výsledky experimentálneho štúdia obsahu chrómu a fosforu v najbežnejších používaných typoch cementov na Slovensku.

Kľúčové slova: *cement, environmentálne hodnotenie, environmentálne značky*

Abstract

The cement as a building material significantly affects the environment throughout the whole life cycle. Therefore it is important to make the assessment of cement for different perspectives. Nowadays cement industry contributes significantly to reducing negative impact of cement on the environment, especially by application of new technologies in the production what leads to improvement of quality of end product. This work is aimed at the summarisation of the environmental requirements for the eco-labelling of cement in Slovakia and selected countries as well as at the experimental study of the content of chromium and phosphorous in the most commonly used types of cements.

Key words: *cement, environmental assessment, eco-labels*

1 ENVIRONMENTÁLNE HODNOTENIE A OZNAČOVANIE

Environmentálne hodnotenie a označovanie výrobkov predstavuje dobrovoľný nástroj environmentálneho manažérstva, ktoré môže byť uskutočnené na rôznej úrovni s rôznym stupňom presnosti. Cieľom je posilniť princípy prevencie znečisťovania životného prostredia, podporiť rozvoj výroby a spotreby výrobkov s menej nepriaznivými účinkami počas celej doby životnosti výrobku a poskytnúť informácie o environmentálnych vlastnostiach výrobkov spotrebiteľom.

Poznáme tri typy environmentálneho hodnotenia a označovania výrobkov:

- Environmentálne hodnotenie a označovanie výrobkov typu I je nezávislé posudzovanie treťou stranou, ktorého zásady a princípy sú štandardizované v norme STN ISO 14024. Tento typ sa vo všeobecnosti najviac používa.
- Environmentálne hodnotenie a označovanie výrobkov typu II je vlastné vyhlásenie tvrdenia o environmentálnych vlastnostiach výrobku, ktorého zásady a princípy sú štandardizované v norme STN ISO 14021.

– Environmentálne hodnotenie a označovanie výrobkov typu III je hodnotenie založené na posudzovaní celého životného cyklu produktu, ktorého zásady a princípy sú štandardizované v norme STN ISO 14025.

Výsledkom hodnotenia vplyvu produktu na životné prostredie by mala byť tzv. environmentálna certifikácia alebo environmentálne označenie produktu [1,2].

Environmentálne značky a vyhlásenia sú jedným z nástrojov environmentálneho manažérstva, ktoré je predmetom noriem ISO radu 14000. Je potrebné dodržiavať zásady spojené s používaním environmentálnych značiek a vyhlásení [3].

1.1 Environmentálne hodnotenie a označovanie výrobkov typu I

Tento typ environmentálneho hodnotenia a označovania výrobkov predstavuje jeden z dobrovoľných nástrojov environmentálnej politiky. Je založený na vytvorení konkurenčného prostredia na trhu medzi výrobkami s porovnateľnými kvalitatívnymi vlastnosťami, zavedením ďalšieho kritéria, ktoré zahŕňa stanovené environmentálne požiadavky na výrobok. Environmentálne hodnotenie sa vo väčšine krajín realizuje prostredníctvom národných programov garantovaných štátnymi orgánmi. Výsledkom procesu hodnotenia je udelenie environmentálnej značky a príslušného certifikátu, ktoré sa vykonáva nezávislou treťou stranou a tým sa vytvárajú podmienky na nestranné a nezávislé posúdenie výrobku. Prostredníctvom tohto procesu sa ovplyvňuje rozvoj environmentálnej zodpovednosti za výrobok u výrobcov a predávajúcich a rozvoj environmentálne orientovaného verejného obstarávania a nakupovania.

Environmentálna značka osvedčuje, že príslušný výrobok spĺňa nadštandardné požiadavky z hľadiska ochrany životného prostredia oproti iným výrobkom z tej istej skupiny výrobkov. Neznamená to, že výrobok nemá žiaden vplyv na životné prostredie, ale zaručuje, že výrobok je vyrobený šetrnejším spôsobom a ovplyvňuje životné prostredie menej ako iné porovnateľné výrobky na trhu. O právo používať environmentálnu značku môže žiadať výrobca, dovozca, alebo predávajúci pre svoj výrobok, ktorý je zaradený do skupiny výrobkov, pre ktoré boli vydané osobitné podmienky v dokumentoch platných v danej krajine [1,4].

2 ENVIRONMENTÁLNE HODNOTENIE A OZNAČOVANIE CEMENTOV

2.1 Slovensko

Národnou environmentálnou značkou je „Environmentálne vhodný produkt“. Národná environmentálna značka bola od roku 1997, kedy bola zavedená do platnosti, udelená 334 slovenským výrobkom, pričom v súčasnosti má právo používať túto značku 116 produktov, z toho 17 produktov v stavebnom priemysle [2]. Cementy sú jednou zo skupín produktov, pre ktoré sú vypracované špecifické požiadavky na získanie slovenskej národnej environmentálnej značky [1]. Cementy uvádzané na trh v Slovenskej republike musia spĺňať požiadavky príslušných technických noriem, všeobecne záväzných právnych predpisov v oblasti ochrany zdravia ľudí, ochrany spotrebiteľa, v oblasti uvádzania chemických látok a chemických prípravkov na trh a v oblasti právnych predpisov týkajúcich sa ochrany a starostlivosti o životné prostredie, vzťahujúce sa na produkt, jeho výrobu, používanie a jeho zneškodnenie [5].

Osobitné podmienky sa vzťahujú na cementy na všeobecné použitie vrátane bielych cementov. Špecifické požiadavky pre skupinu cementov, v rámci procesu environmentálneho označovania produktov, určujú [5]:

- mernú spotrebu tepla pri výpale 1 t slinku nesmie presiahnuť hodnotu $3\,600\text{ MJ.t}^{-1}$,
- podiel tepelného príkonu cementárskej rotačnej pece získaný zo spoluspaľovania odpadov alebo alternatívnych palív musí tvoriť najmenej 30 %, pričom je potrebné dodržiavať požiadavky na spoluspaľovanie odpadov v cementárskych peciach,
- emisia CO pri spoluspaľovaní odpadov nesmie prekročiť hodnotu $2\,000\text{ mg.m}^{-3}$,
- zápach pochádzajúci z výroby produktu pri využívaní odpadov nesmie neúmerne zaťažovať okolité prostredie a obyvateľstvo,
- najvyššiu prípustnú hodnotu hmotnostnej aktivity rádia (počet rozpadov rádionuklidu na kg. látky) ^{226}Ra nesmie presiahnuť limitnú hodnotu 100 Bq.kg^{-1} ,
- najvyššiu prípustnú hodnotu ekvivalentnej aktivity rádia a_{ekv} nesmie presiahnuť limitnú hodnotu 250 Bq.kg^{-1} ;
- najvyššiu prípustnú hodnotu odvodenej zásahovej úrovne ^{226}Ra musí byť najviac 100 Bq.kg^{-1} a najvyššiu prípustnú hodnotu indexu hmotnostnej aktivity pre obsah prírodných rádionuklidov v stavebných výrobkoch $I=1$, podľa osobitného predpisu,
- obsah fosforu v cemente nesmie prekročiť 3 hmotn. % P_2O_5 ,
- obsah vylúhovateľného Cr^{VI} v balených cementoch stanovený podľa STN EN 196-10 nesmie prekročiť $1,8\text{ mg Cr}^{\text{VI}}$ na 1 kg cementu [5].

2.2 Singapur

Environmentálne označovanie v Singapure vzniklo v máji roku 1992. Názov environmentálnej značky je „Singapore Green“. Jednou zo skupín produktov, pre ktoré sú stanovené požiadavky na získanie národnej environmentálnej značky je cement a prefabrikovaný betón. Cieľom hodnotenia je označovať výrobky z cementu, ktoré využívajú odpadové materiály z tuhého komunálneho odpadu ako popolček, použitá meď, oceľová a železná troska ako náhrada za piesok a kamenivo [6].

Špecifické požiadavky, ktoré musí cement spĺňať pre získanie značky Green Label stanovujú [7]:

- minimálny percentuálny obsah aspoň jedeného z odpadových/recyklovaných materiálov (železná vysokopečná troska, popolček, alebo ich kombinácia), ktorý je stanovený pre jednotlivé druhy CEM I – CEM V,
- minimálny percentuálny obsah alternatívnych palív pri výpale slinku,
- povinnosť deklarovať emitované množstva CO_2 pri výrobe jednej tony slinku,
- úrad si vyhradzuje právo požiadať spoločnosť, aby predložila správu o toxických a rádioaktívnych testoch svojho výrobku podľa medzinárodných noriem.

2.3 Taiwan

Environmentálne označovanie v Taiwane vzniklo v septembri 1992. Názov environmentálnej značky je „Green mark“. Program environmentálneho označovania vyvinul kritériá pre 41 kategórií výrobkov do ktorých patrí 451 produktov s počtom 102 licencií [8]. V súčasnosti má značka 112 kategórií, do ktorých patria rady spotrebného tovaru, stavebné skupiny výrobkov, ktoré sa v Taiwane označujú sú podlahy, portlandský cement a drevený nábytok.

Kritériá pre Portlandský cement [9]:

- termín „podtlandský vysokopecný cement“ (ďalej len „výrobok“) označuje aj zmes portlandského cementu a vysokopecného prášku,
- výrobok musí obsahovať najmenej 25 a až do 65 hmotnostných % vysokopecného prášku,
- výrobky musia byť riadne klasifikované na základe pomeru trosky z vysokej pece a účelu použitia,
- produkty sa považujú za rovnaké, ak sa líšia len veľkosťou a objemom balenia,
- meno a adresa užívateľa značky musí byť jasne vytlačené na výrobku alebo na obale, produkt musí byť vybavený štítkom na popisnej strane obalového materiálu vo forme „s XX %“ hmotnostných percent vysokopecného prášku.

2.4 Thajsko

Program environmentálneho označovania produktov v Thajsku začala obchodná rada pre trvalo udržateľný rozvoj, v októbri 1993. Oficiálne sa program však začal v auguste roku 1994 v spolupráci s ministerstvom priemyslu. Výrobky alebo služby, ktoré spĺňajú špecifické kritériá môžu niesť označenie „Green label“. Medzi skupiny stavebných materiálov obsahujúcich cement, pre ktoré je možné získať thajskú environmentálnu značku Green Label, patria cementové dosky a cementové strešné krytiny [10].

Špecifické požiadavky pre spomínané skupiny stavebných materiálov na báze cementu zahŕňajú nasledujúce kritéria [11]:

- cementové dlaždice musia byť certifikované thajskými priemyselnými štandardmi pre vláknocementové doskové dlaždice TIS 1407,
- dlaždice musia byť z kvalitných produktov v súlade s ISO 9125 štandard (skúška odolnosti proti mrazu, skúška odolnosti proti teplej vode, výroba, preprava a nakladanie s odpadmi musí byť v súlade so všetkými platnými zákonmi a nariadeniami vlády),
- výrobok nesmie obsahovať azbest,
- toxické látky uvoľnené v priebehu výstavby a používania nesmú prekročiť limitné hodnoty koncentrácií: arzén $0,05 \text{ mg/dm}^3$, kadmium $0,005 \text{ mg/dm}^3$, chróm $0,05 \text{ mg/dm}^3$, ortuť $0,001 \text{ mg/dm}^3$ a kyanid $0,1 \text{ mg/dm}^3$.

2.5 Filipíny

Environmentálne označovanie vo Filipínach sa vykonáva prostredníctvom Národného programu od roku 2000. Národnou environmentálnou značkou je „Green Choice“. Cement je v kategórii výrobkov vedený pod kódom 2006009 [12]. Špecifické požiadavky cementov, ktoré musia spĺňať pre získanie značky Green Choice zahŕňajú [13]:

- výrobok musí byť v súlade s filipínskym národným štandardom (PNS) 07:2005, PNS 63, a PNS 69 špecifikáciou,
- proces výroby výrobkov musí spĺňať požiadavky všetkých environmentálnych zákonov a predpisov,
- producent/výrobca musí znížiť emisie CO_2 o 10 % na jednotku produkcie.

2.6 Austrália

Austrálsky “Good Environmental Choice” (GECA – Global environmental choice Australia) program bol spustený v novembri 2001. Tento program poskytuje environmentálnu certifikáciu pre širokú škálu produktov a služieb [14].

Touto značkou je v Austrálii označený jeden typ cementu - Australian Builders GB Cement. Špecifické požiadavky pre environmentálne označenie obsahujú nasledujúce kritéria [15]:

- expozícia tuhými časticami má byť menšia ako 10 mg/m^3 ,
- obsah kryštalického oxidu kremičitého (kremeň) má byť menej ako 1 %,
- obsah šesťmocného chrómu má byť menej ako 10 ppm.

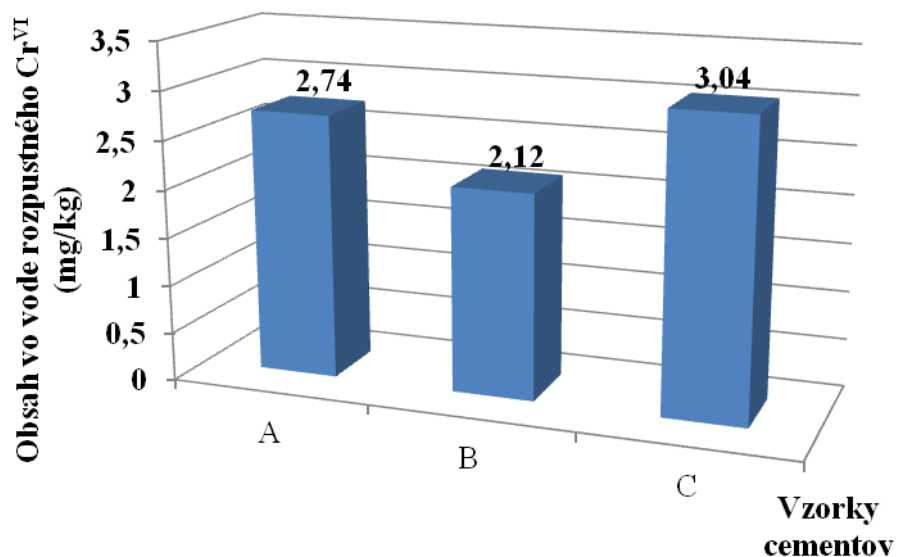
3 EXPERIMENTÁLNE HODNOTENIE OBSAHU CHRÓMU A FOSFORU V NAJBEŽNEJŠIE POUŽÍVANÝCH CEMENTOCH NA SLOVENSKU

Chróm je neodstrániteľný stopový prvok surovinového materiálu používaného vo výrobe cementárskeho slinku. Vyskytuje sa v prírodných surovinách (íloch, vápencoch a najmä železitých prísadách) vo forme Cr^{III} a vo vymurovkách cementárskej rotačnej pece. V cementárskych peciach sa však pri vysokej teplote, pri oxidačnej atmosfére a alkalických podmienok mení trojmocný chróm na zdraviu škodlivú šesťmocnú formu. Zlúčeniny Cr^{VI} v cemente majú vysokú rozpustnosť vo vode a tak môžu ľahko prísť do kontaktu s ľudskou pokožkou [16].

Vysoký obsah P_2O_5 spôsobuje spaľovanie odpadov bohatých na fosfor. Medzi ne patria kosti, svalová hmota a vnútornosti zvierat spracované do podoby mäsovej múčky v autoklávoch v rafinériách. Mäsovej múčky sa do cementárskej pece privádza rozptýlená v prúde vzduchu alebo paliva. Múčka v peci spontánne horí a jej popol, tvorený fosforečnanom vápenatým, reaguje so slinkom. P_2O_5 vstupuje do slinku a negatívne ovplyvňuje fázové zloženie slinku, a tým aj kvalitu cementu. V cementárskej praxi sa spaľuje len také množstvo organických odpadov bohatých na fosfor, aby k negatívnemu ovplyvneniu vlastností slinku dochádzalo len v obmedzenej miere [17].

Pre experimenty boli použité cementy typu CEM I - Portlandské cementy od výrobcov A, B a C. Vzorky cementov boli skúšané v súlade s postupom uvedeným v norme STN EN 196 – 10 Metódy skúmania cementu [18]. Koncentrácia chrómu Cr^{VI} vo vzorkách bola stanovená spektrofotometrom DR 2800 (Hach Lange, Germany) pri vlnovej dĺžke 540 nm a obsah P_2O_5 sa stanovil pomocou röntgen fluorescenčného spektrometra SPECTRO iQ II (Ametek, Germany).

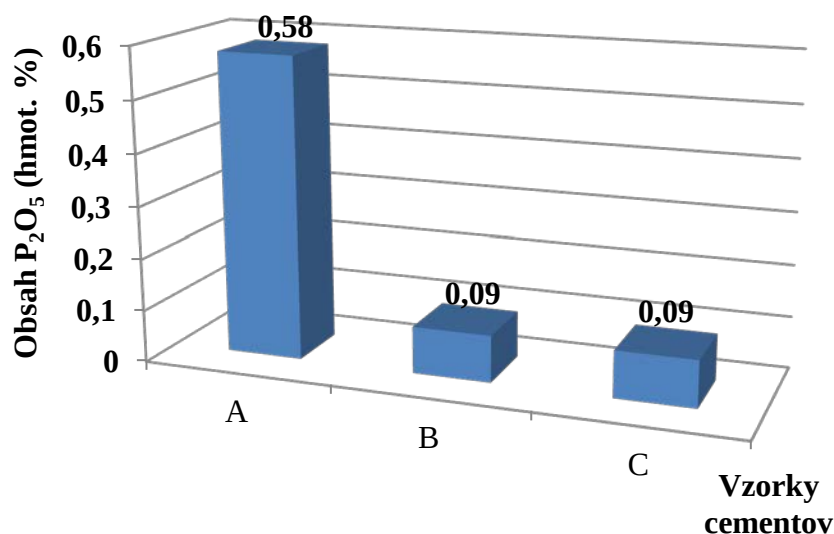
Výsledky meraní koncentrácie rozpustného chrómu Cr^{VI} v hodnotených druhoch cementov sú zobrazené na obr. 1 ako priemerné hodnoty meraní.



Obr. 1 Obsah Cr^{VI} v cemente

Koncentrácia rozpustného chrómu Cr^{VI} sa pohybuje v rozhraní od 2,12 mg/kg cementu po 3,04 mg/kg cementu. Priemerné hodnoty rozpustného chrómu Cr^{VI} namerané v hodnotených cementoch boli porovnané so špecifickou požiadavkou pre udelenie slovenskej environmentálnej značky - 1,8 mg/kg cementu [5]. Hodnotený cementy túto špecifickú požiadavku nespĺňajú, preto im nemôže byť udelená národná environmentálna značka. V práci [19] sa vykonanými experimentmi ukázalo, že obsah chrómu v cemente závisí od zloženia cementu. Cement typu CEM I pozostáva z čistého slinku a aj koncentrácia rozpustného chrómu Cr^{VI} je vyššia, než v cementoch typu CEM II, CEM III a CEM V, ktoré obsahujú okrem slinku ďalšie aditíva, napr. vysokopecnú trosku, preto koncentrácia rozpustného chrómu Cr^{VI} je v týchto vzorkách nižšia.

Na nasledujúcom obrázku sú znázornené výsledky meraní koncentrácie P_2O_5 v hodnotených druhoch cementov ako priemerné hodnoty meraní.



Obr. 2 Obsah P_2O_5 v cemente

Obsah P_2O_5 v cementoch bol v rozhraní od 0,09 % po 0,58 %. Priemerné hodnoty P_2O_5 namerané v hodnotených cementoch boli porovnané so špecifickou požiadavkou pre udelenie slovenskej environmentálnej značky - 3 hmot. % P_2O_5 [5]. Všetky typy hodnotených cementov spĺňajú špecifickú požiadavku environmentálneho označovania cementov.

4 ZÁVER

Úlohou environmentálneho označovania výrobkov je vytvoriť trh s environmentálne šetrnejšími výrobkami a využiť tak pôsobenie trhových mechanizmov k znižovaniu negatívnych vplyvov na životné prostredie. Ak by bolo na trhu dostatočné percento produktov s environmentálnou značkou, sprísnilo by sa požiadavky na udelenie tejto značky, a tým by sa negatívny dopad na životné prostredie stále znižoval.

Spracovaním výsledkov sa zistilo, že v hodnotených vzorkách bola podmienka obsahu vylúhovateľného šesťmocného chrómu v cementových výluhoch v rámci environmentálneho označovania (1,8 mg Cr^{VI} na 1 kg cementu) prekročená. Čo sa týka obsahu P_2O_5 v hodnotených cementoch, túto podmienku (3 hmot. % P_2O_5) spĺňajú všetky sledované cementy. Z toho vyplýva, že obsah P_2O_5 v cementoch nepredstavuje problém pri hodnotení cementov v rámci environmentálneho hodnotenia a označovania cementov na Slovensku.

POĎAKOVANIE

Táto práca vznikla v rámci riešenia projektu NFP 26220120037.

Použitá literatúra

1. EŠTOKOVÁ, A. *Environmentálne hodnotenie a označovanie stavebných výrobkov*. Košice: TU 2009. 75s. ISBN 978-80-553-0167
2. Slovenská environmentálna značka [on-line]. Environmentálne vhodný produkt: 2012. [cit. 2012-04-09]. Dostupné na internete URL: <http://www.sazp.sk/public/index/go.php?id=1571>
3. STN ISO 14020: 2003 *Environmentálne značky a vyhlásenia. Všeobecné zásady*.
4. STN ISO 14024: 1999 *Environmentálne značky a vyhlásenia. Environmentálne označovanie typu I. Zásady a postupy*.
5. Oznámenie o osobitných podmienkach na udelenie národnej environmentálnej značky Environmentálne vhodný produkt č. 04/2009 MŽP SR pre skupinu produktov Cementy.
6. Green Label Singapore [on-line]. Green Label Products. Singapore: 2012. [cit. 2012-02-19]. Dostupné na internete URL: <http://www.greenlabel.sg/about>
7. GreenLiving Information Platform–Criteria. [on-line]. [cit. 2011-10-31]. Dostupné na internete: http://greenliving.epa.gov.tw/GreenLife/eng/E_Criteria.aspx
8. Environmental Protection Administration Government of the Republic of Taiwan [online]. Green Label Products. Taiwan: 2012. [cit. 2011-02-19]. Dostupné na internete URL: <http://greenliving.epa.gov.tw/GreenLife/eng/english.aspx>
9. GreenLiving Information Platform–Criteria. [on-line]. [cit. 2011-10-31]. Dostupné na internete: http://greenliving.epa.gov.tw/GreenLife/eng/E_Criteria.aspx
10. Green Label Thailand [on-line]. Green Label Products. Thailand: 2012. [cit. 2012-03-18]. Dostupné na internete URL <http://www.tei.or.th/>
11. TGL-40/1-08 Cement Roofing Tiles. [on-line]. [cit. 2011-10-31]. Dostupné na internete: <http://www.tei.or.th/greenlabel/Eng%20PDF/TGL-40-1-08.pdf>

12. Green Label Philippines [on-line]. Green Label Products. Philippines: 2012. [cit. 2012-03-18]. Dostupné na internete URL
<http://pinoygreenacademy.typepad.com/pinoy_green_academy/>
13. Green Choice Philippines Scheme. [on-line]. [cit. 2011-10-31]. Dostupné na internete:
<http://cms.standardsmap.org/publish/itc_standards/green_choice_philippines/resources/files/1087/Final_Green%20Choice%20Philippines%20Scheme_EN.pdf>
14. About us Good Environmental Choice: Australia. [on-line]. [cit. 2012-01-11]. Dostupné na internete: <<http://www.geca.org.au/about-us.html>>
15. Australian Builders GB Cement. [on-line]. [cit. 2012-01-11]. Dostupné na internete: <<http://www.bpsaust.com/files/Australian%20Builders%20GB%20Cement.pdf>>
16. POTGIETER, S. S., PANICHEV, N., POTGIETER, J. H., PANICHEVA, S. *Determination of hexavalent chromium in South African cements and cement-related materials with electrothermal atomic absorption spectrometry*, Cement and Concrete Research, Volume 33, Issue 10, 2003, p. 1589-1593, ISSN 0008-8846
17. FRÍAS, M., SÁNCHEZ DE ROJAS, M. I. *Total and soluble chromium, nickel and cobalt content in the main materials used in the manufacturing of Spanish commercial cements*, Cement and Concrete Research, Volume 32, Issue 3, 2002, p. 435-440, ISSN 0008-8846
18. STN EN 196 – 10: 2007 *Metódy skúšania cementu*. Časť 10: Stanovenie obsahu vo vode rozpustného šesťmocného chrómu (VI) v cemente.
19. EŠTOKOVÁ, A., PALAŠČÁKOVÁ, L. *Content of chromium and phosphorus in cements in relation to the slovak cement eco-labelling*, Chemical Engineering Transaction, Volume 26, 2012, p. 75-80, ISSN 1974-9791

Kontaktní údaje

Ing. Lenka Palaščáková
Technická univerzita v Košiciach,
Stavebná fakulta,
Ústav environmentálneho inžinierstva
Vysokoškolská 4,
042 00 Košice, Slovenská republika
Tel: +421 55 602 4278
email: lenka.palascakova@tuke.sk

doc. RNDr. Adriana Eštoková, PhD.
Technická univerzita v Košiciach,
Stavebná fakulta,
Ústav environmentálneho inžinierstva
Vysokoškolská 4,
042 00 Košice, Slovenská republika
Tel: +421 55 602 4265
email: adriana.estokova@tuke.sk

PROVZDUŠNĚNÝ PERLITBETON - VLIV NÁHRADY ČÁSTI PLNIVA POPÍLKEM

AERATED PERLITE-CONCRETE - EFFECT OF FILLER SUBSTITUTION BY FLY ASH

Lenka Mészárosová, Rostislav Drochytka

Abstrakt

Provzdušněný perlitbeton je nově vyvíjenou hmotou, která by měla sloužit jako tepelně-izolační materiál. Provzdušněné betony jako takové mají bez použití autoklávování velice nízkou pevnost. Popílek jako latentně hydraulická přísada do betonu přispívá ke zvyšování pevnosti a mohl by tak přispět k vylepšení vlastností. Objemová hmotnost je vlastností, která do značné míry úzce souvisí s řadou vlastností. Se zvyšující se objemovou hmotností obvykle rostou pevnosti, avšak současně se zvyšuje součinitel tepelné vodivosti.

Klíčová slova: perlitbeton, provzdušnění, popílek

Abstract

Aerated perlite-concrete is a newly developed material, which should be used as a heat-insulating material. Without autoclaving the aerated concrete has very low strength. Latently hydraulic properties of fly ash can be used in concrete to increase strength and also to improve other properties of concrete. Density is very closely related to a number of other properties. With the increase of density the compressive strength also increases. It also results in increased thermal conductivity.

Key words: perlite-concrete, aeration, fly ash

1 ÚVOD

Využívání druhotných surovin při výrobě stavebních materiálů je neustále aktuální otázkou. Existuje snaha využívat co největší množství odpadních látek a vytvářet z nich tak druhotné suroviny. Pokud je jakákoliv odpadní látka využita, odpadají nepříjemnosti s jejím skládkováním a následnou likvidací.

Nově vyvíjená hmota by měla sloužit jako tepelně-izolační materiál. Jedná se o hmotu na silikátové bázi s použitým vápenným pojivem, která jako plnivo využívá jemnozrnný expandovaný perlit.

Snahou při jejím návrhu je docílení nízké objemové hmotnosti při zachování dostatečné pevnosti. Pro snížení objemové hmotnosti směsi je kromě pórovitého kameniva (expandovaný perlit) přidáván i hliníkový prášek. Díky reakci hliníkového prášku s hydroxidem vápenatým dochází k nadouvání směsi.

2 POPÍLEK

Existuje obrovské množství odpadních látek, jejichž využitím bychom mohli snížit zátěž životního prostředí. Avšak ne všechny odpadní produkty jsou pro specifické podmínky použití jako tepelného izolantu použitelné.

Nový materiál musí splňovat požadavek tepelné odolnosti, aby nedošlo k jeho selhání při vyšších teplotách. Důležitá je také kompatibilita se silikátovým pojivem.



Obr. 1: Popílek

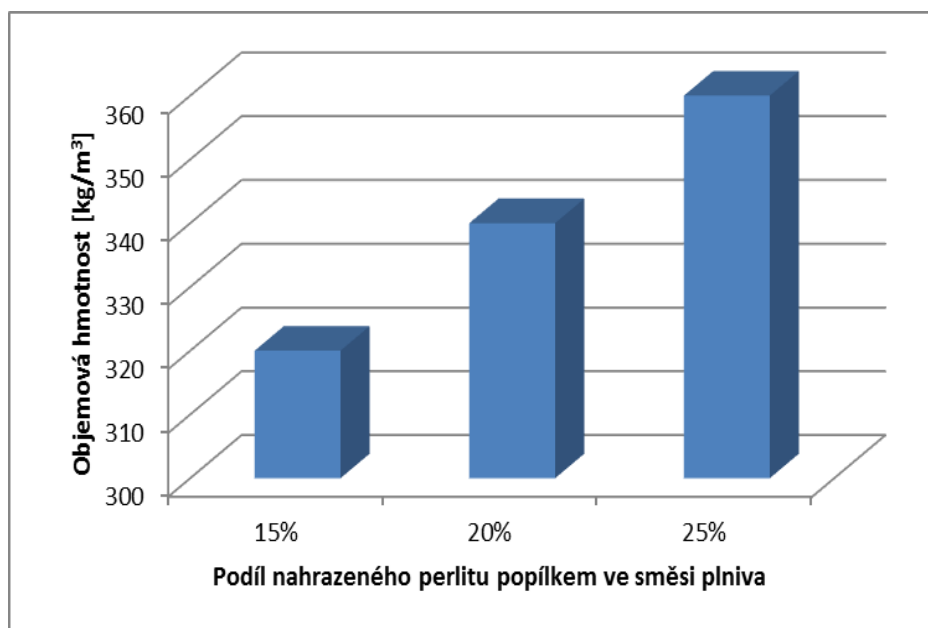
Popílek vzniká při spalování uhlí v tepelných elektrárnách a teplárnách. Má vysokou tepelnou odolnost. Je to látka s velmi jemnou granulometrií a kulovitým tvarem částic. Je složen převážně z SiO_2 a Al_2O_3 . Obsahuje skelnou fázi, jejíž podíl je obvykle vyšší než 50 %, což významně ovlivňuje reaktivitu popílku s CaO nebo s cementem za normální i zvýšené teploty (autoklávování).

3 VLIV NÁHRADY ČÁSTI POJIVA NA VLASTNOSTI

V rámci návrhu nové izolační hmoty byly sledovány základní vlastnosti, jako například objemová hmotnost, pevnost v tahu za ohybu a pevnost v tlaku.

3.1 Objemová hmotnost

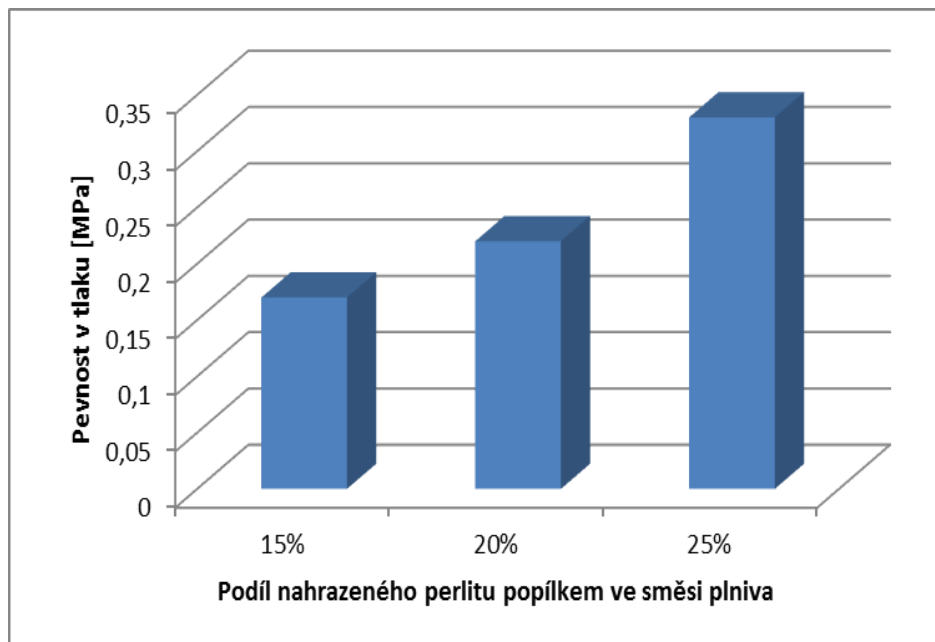
S rostoucím podílem popílku dochází ke zvyšování objemové hmotnosti. V rozmezí náhrady plniva od 15 do 25 % dochází k nárůstu poměrně lineárně.



Obr. 2: Vliv náhrady části plniva u provzdušněného perlitbetonu popílkem na objemovou hmotnost

3.2 Pevnost v tlaku

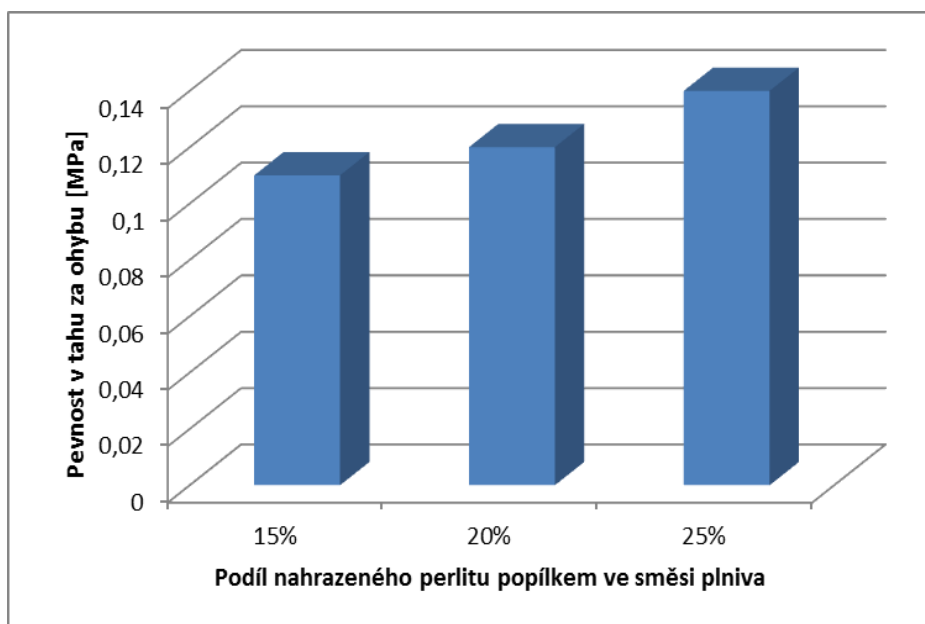
Na vývoji hodnot pevnosti v tlaku můžeme vidět patrnou závislost na objemové hmotnosti. Pevnost v tlaku, stejně jako objemová hmotnost roste se zvyšujícím se podílem nahrazeného plniva i pevnost v tlaku.



Obr. 2: Vliv náhrady části plniva u provzdušněného perlitbetonu popílkem na pevnost v tlaku

3.3 Pevnost v tahu za ohybu

Se zvyšujícím se podílem nahrazeného plniva popílkem dochází k poměrně lineárnímu nárůstu pevnosti v tahu za ohybu vzorků.



Obr. 2: Vliv náhrady části plniva u provzdušněného perlitbetonu popílkem na pevnost v tahu za ohybu

3.4 Diskuze výsledků

Při náhradě plniva popílkiem dochází ke změně vlastností hmoty. Společně s nárůstem objemové hmotnosti, dochází k vylepšování pevnosti v tlaku i v tahu za ohybu. Mírné zvyšování objemové hmotnosti je způsobeno rozdílnou měrnou hmotností popílku a jemnozrného expandovaného perlitu. K nárůstu pevnosti dochází vlivem pucolánové aktivity popílku. Díky popílku tedy můžeme docílit zvýšení pevnosti.

4 ZÁVĚR

Přídavek popílku do betonové směsi má mnoho výhod, například zlepšuje konzistenci a zpracovatelnost čerstvého betonu. Mezi výhody dále můžeme zařadit jeho pucolánovou aktivitu, díky níž je možné snížit návrhovou dávku cementu. Popílek zvyšuje odolnost vůči agresivnímu prostředí a reguluje objemovou hmotnost. Využití popílku jako náhrady dílčího pojiva se zdá být efektivní. Náhrada plniva popílkiem je ekologicky výhodná a vede mimo jiné i k finančním úsporám.

Článek nastiňuje vliv přídavku popílku na některé základní vlastnosti. Možnosti výroby, použití a rozsah využití tohoto nově vyvíjeného tepelně-izolačního materiálu jsou stále ještě v počáteční fázi vývoje a teprve budou specifikovány.

Příspěvek vznikl za podpory projektu MPO TIP č. FR-TI 2/340 s názvem: „Výzkum a vývoj průmyslového tepelně izolačního systému na silikátové bázi s využitím druhotných surovin“.

Použitá literatura

1. VÝBORNÝ, J., KOŠATKA, P., DROCHYTKA, R., PUME, D.: *Aerated Concrete*, 1st Edition Brno: VUTIUM Press, 2000. 156 s. ISBN 80-214-1476
2. DROCHYTKA, R., MATULOVÁ, P., *Lehké stavební látky*, Vysoké učení technické v Brně, Brno 2006
3. MATOUŠEK M., *Lehké stavební látky II*, vydání druhé, Vysoké učení technické v Brně, Brno, 1979, 55-650-79
4. PYTLÍK, P., *Vlastnosti a užití stavebních výrobků*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Nakladatelství VUTIUM, 1998.
5. SVOBODA, L., *Stavební hmoty*. Bratislava, JAGA GROUP, s.r.o., 2007.

Kontaktní údaje

Ing. Lenka Mészárosová
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, ÚTHD
Veveří 331/95, 60200 Brno
Tel: 54114 7521
email: meszarosova.l@fce.vutbr.cz

Prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, ÚTHD
Veveří 331/95, 60200 Brno
Tel: 54114 7501
email: drochytka.r@fce.vutbr.cz

TEORETICKÉ MOŽNOSTI PŘI NÁVRHU TEPELNĚ IZOLAČNÍCH MALT S LEHKÝM KAMENIVEM

THEORETICAL POSSIBILITIES IN THE DESIGN OF THERMAL INSULATION MORTARS WITH LIGHTWEIGHT AGGREGATE

Pavel Mec, Tereza Murínová, Jana Boháčová

Abstrakt

Mnoho výzkumných prací se v současné době zabývá maltami s nízkou objemovou hmotností. Laboratorně jsou testovány vlastnosti empiricky namíchaných omítek a malt avšak bez využití teoretického návrhu směsi. Možnosti návrhu mohou být založeny na zkušenostech z jiných oblastí stavebních materiálů, jako je míchání betonové směsi. Zkušenosti z laboratoří mohou být do těchto návrhů zakomponovány. Tento příspěvek se zabývá teoretickým návrhem malt s lehkým kamenivem a srovnání s některými laboratorními výsledky.

Klíčová slova: tepelně izolační malty, lehké kamenivo

Abstract

Many research works deal with lightweight mortars nowadays. Researchers test the properties laboratory on empirically mixed plasters and mortars but they are not utilizing theoretical design of mixture. This possibility may be based on experiences from other areas of building research like concrete mixing is. Many laboratory experiences can be applied to the theoretical design. This paper deals with theoretical design of mortars with lightweight aggregate and simple comparison with laboratory results.

Key words: thermal insulation mortars, lightweight mortars

1 INTRODUCTION

Using of lightweight aggregate in mortars has good effect especially in thermal insulation properties. This effect is of course joined with less strength of mixture. Empirically created mortars in laboratory cannot be suitable for industry by its unique structure. In industry production we need to operate with composition of mixture according to requirements. This process is well known from concrete industry. There are used many conditions, theoretical and empirical knowledge. In design of concrete mix we used many theoretical formulas which are based on empirical testing. In the design of thermal insulation mortars the strength is not the main property. More important is coefficient of thermal conductivity or diffusion properties. Common industrial product is based on this property but it is not known the mixture neither all admixes. As in the design of concrete mixture it is appropriate to use theoretical possibilities with experiences from laboratory testing. Advantage can be that the finding optimal composition of lightweight mortar may be simpler than composition of concrete with good mechanical property. The main goal is to find optimal space filling by lightweight aggregate to get lowest coefficient of thermal conductivity. Due to using lime hydrate as main binder in these mortars the complicated processes from cement hydration are over. Behavior of lime hydrate is simpler then cement is. The strength of mortar should not be very low if we use some admixture as pozzolanic materials [2,3,4].

2 EMPIRICAL KNOWLEDGE

As aggregate for thermal insulation mortars it is possible to use many commercial products. Primarily it is almost man-made product base on natural materials. Usually it is made by thermal process during which the raw material significantly increases in its volume. Then very porous material arises. Great advantage of these materials is their shape. Due to thermal expansion process the shape is almost spherical. Some kind of industrial lightweight aggregate is possible to see on picture (fig. 1.).



Figure 1. Some types of commercial lightweight aggregates (experlit, liapor, siopor, agloporit) [7,8,9]

Next advantage is that due to industrial production it is possible to get aggregate in close fraction. From this reason we can create mixture with very good structure of aggregate volume filling.

As was written above optimal volume filling with lightweight aggregate is crucial in thermal insulation mortar. Previous research was especially dealt with replacement of classic aggregate with lightweight one [2,3,4]. Also possibilities of lime hydrate replacement with metakaolin like pozzolanic admixture was observed [2,3,4]. Such mortar have good both, mechanical properties and thermal insulation one. Like lightweight aggregate was in previous work used expanded perlite (experlite). But there were not used any theoretical design in using of this aggregate. Classic mortar was mixed according to national standard [1]. Then the part of classic aggregate was replaced by lightweight one. In standard mortar was used three fractions of aggregate so every individual fraction was replaced by the same fraction of expanded perlite.

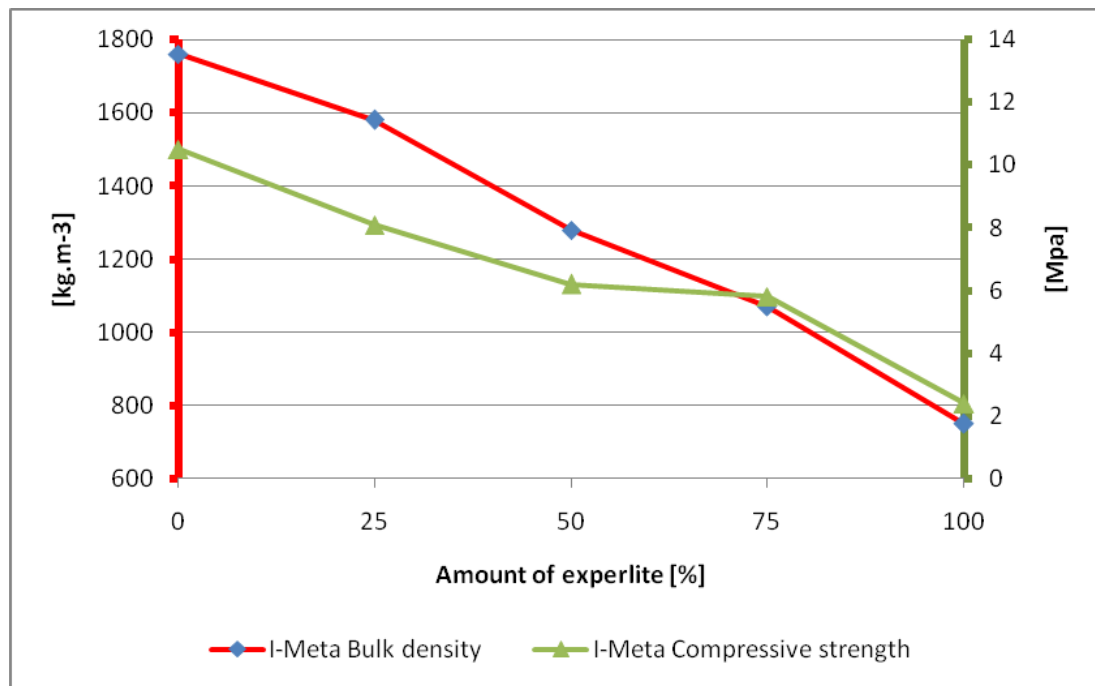


Figure 2. Properties of mortar with metakaolin I-Meta 4 and experlite [2,3]

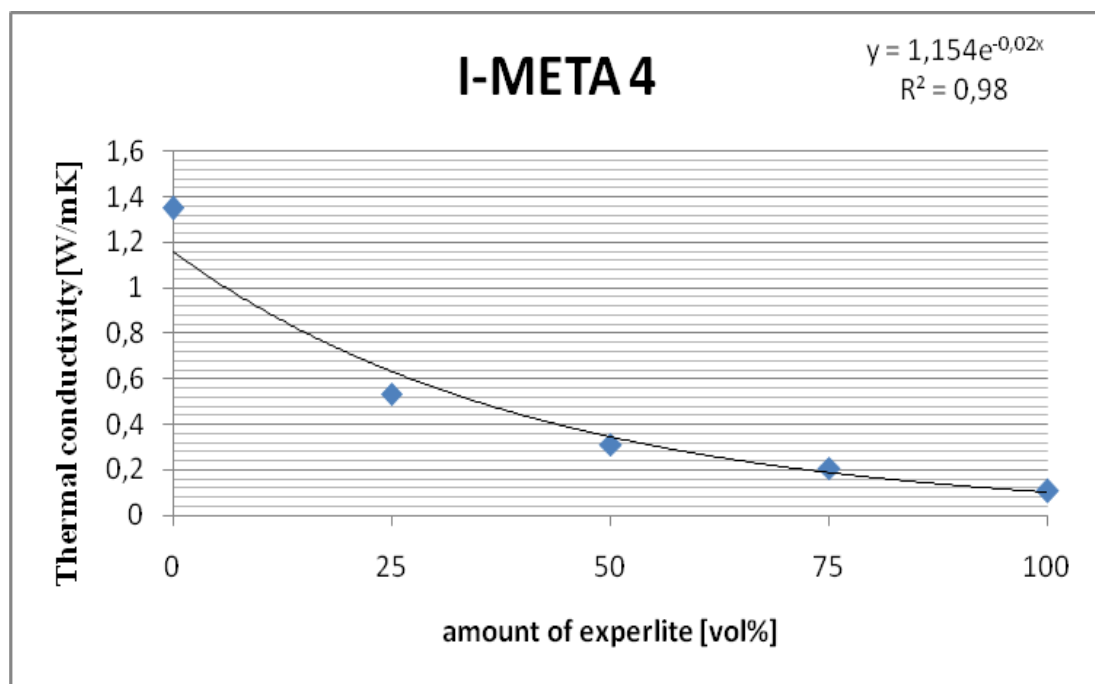


Figure 3. Coefficient of thermal conductivity of experlite mortar with metakaolin I- Meta 4 [2,3]

Above results shows that mortar with very low bulk density can have quite good strength properties due to using of metakaolin. Very low thermal conductivity is obtained without any optimization of aggregate composition.

3 THEORETICAL DESIGN OF LIGHTWEIGHT MORTARS

Laboratory tests shown that mortars with lightweight aggregate can reached good thermal properties. We can use some theoretical and experimental knowledge may be used for optimization of composition. The most important is grain size gradation because the maximal filling of mortar volume by lightweight aggregate is necessary to get lowest thermal conductivity.

3.1 Theoretical aggregate gradation

In the design of concrete the theoretical gradation curves are used. From this we can optimized the filling of mixture volume. But in concrete mixture we want to get good mechanical properties. Instead of this in thermal insulation mortars we can get better thermal properties. As was written above industrial produced aggregate has almost spherical shape. So we can use some theoretical knowledge from mechanics of granular materials. Especially filling of volume by spheres. In concrete mixture design we use many aggregate gradation curve to get special flow properties or mechanical properties. If we have spheres of one dimension the maximal density is about 0,74 of unique volume [6]. But the experiments with monodisperse spheres shown that the maximal possible density is about 63% [6]. In 1907 Fuller and Thompson done series of experiments and shown that most dense packing for aggregate with more than one fraction is possible to compute from formula[5]:

$$P = \left(\frac{d}{D} \right)^n \quad (1)$$

where

d – Actual grain dimension

D – Maximal grain dimension

n – Empirical constant (almost used n = 0,5 for spherical grains)

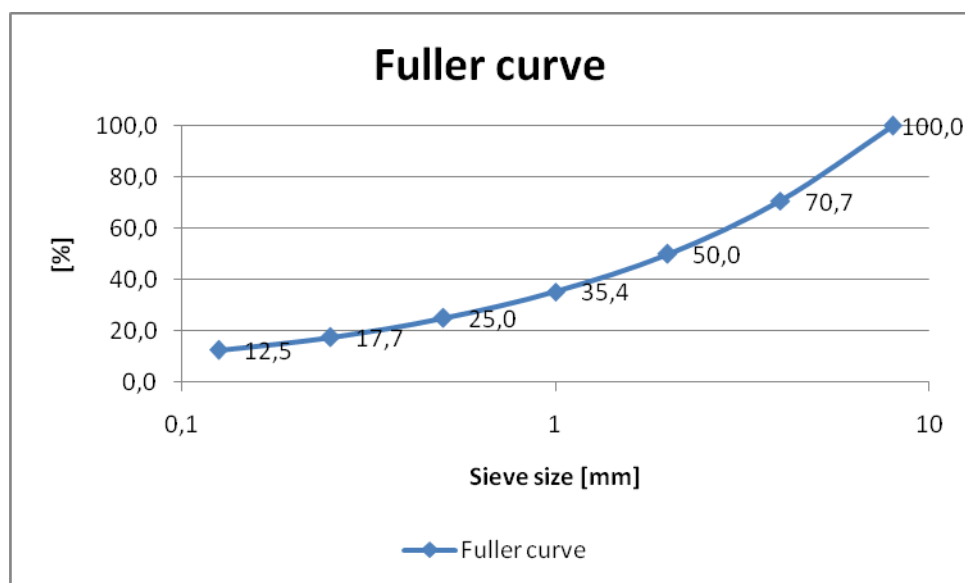


Figure 4. Fuller curve for n=0,5; D=8mm in logarithmic x-axis

3.2 Amount of lime hydrate and water in mixture

Minimal amount of lime hydrate paste is obtained from void content in aggregate sample. For first we can use like minimal amount the information about maximal random aggregate packing. If it is 63% the amount of void is 37%. But this information is for monodisperse spherical grains. The real void we can only compute from bulk density and loose bulk density. Volume of lime hydrate paste from 1kg of lime hydrate is possible to get from formula:

$$V_{lh} = \frac{1}{\rho_{lh}} + \frac{w}{\rho_w} \quad (2)$$

Where

ρ_{lh} – density of lime hydrate

w – water/lime hydrate

ρ_w – density of water

From other research works we can obtain that the typical water/lime hydrate fraction is for classical mortar about 0,9 [2,3]. That is not for the chemical process but for good suitability. But the necessary amount of water in mixture is not only for lime hydrate but of course for aggregate. We need water which absorb to aggregate. Lightweight aggregate can have very large water absorption. So we have to add water for this absorption.

3.3 Example of mixture

We can compute some simple mixture composition from expanded perlite and lime hydrate. As input information we can get the maximal and minimal grain of experlite. This is 4mm and 0,5mm. The density of lime hydrate is 2200kg/m³ and water/lime hydrate coefficient is 0,9. The loose bulk density of experlite is 150kg/m³ and it can adsorb until 350kg/m³ of water. From Fuller curve we can compute amount of fractions.

Table 1. Fuller data for example

Fraction [mm]	Fuller [%]
2-4	29,3
1-2	20,7
0,5-1	50

The real value of bulk density of experlite is not known. But we can take number of water absorption and bulk density of non-expanded perlite which is about 1000kg/m³. So the bulk density of experlite can be about 650kg/m³. The amount of void is:

$$\mu = \left(1 - \frac{\rho_l}{\rho_b}\right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{150}{650}\right) \cdot 100 = 76,9\%$$

We can see that this value is much greater than theoretical one but it is not exact due to bulk density value of experlite. We can take it as maximal value of voids. So the maximal amount of lime hydrate paste for 1m³ of mortar is 0,769m³. With formula (2) we can compute that for this volume is necessary 585kg of lime hydrate. For minimal void we need only 281kg. So we can take one of these values of some value between them. Here we can see that the computation is not uniqueness. Because of small density and very high porosity of aggregate the classic computation is problematic.

4 CONCLUSIONS

Some simple possibilities of mixture composition computation were presented. Mixtures with lightweight aggregate are created base only experimental results. Knowledge of aggregate packing is not used currently. But for simple design of mixture it is possible to use this formulas a initial state.

literature

1. ČSN EN 1015-2 – *Methods of test for mortar for masonry - Part 2: Bulk sampling of mortars and preparation of test mortars*, Český normalizační institut, Praha, 1999
2. MEC, P., - *Malty s vysokými užitnými vlastnostmi a možnosti jejich využití, příspěvek ve sborníku konference, Moderní stavební materiály a jejich využití*, Ostrava 2011, ISBN 978-80-248-2497-0.
3. MEC, P., VAVRO, M., PTICEN, F., - *Vývoj a výzkum vlastností lehčených vápenných malt s přidavkem metakaolínů*, Transaction of VŠB - TUO, civil engineering series, 2011, ISSN 1213-1962, p. 65 - 74
4. MEC, P., - *Study of properties of lime mortars and plastem with admixture of lightweight metakaolin*, diploma thesis, 2011
5. FULLER, W. B., THOMPSON, S. E., *The laws of proportioning concrete*, Transactions of ASCE, ASCE, Vol. 59, 1907, pp.67-143
6. Sphere packing, URL <<http://www.wikipedia.org>>
7. Expanded perlite, URL <<http://www.perlit.cz>>
8. Liapor, ceramic aggregate, URL <<http://www.liapor.cz>>
9. Siopor aggregate, URL <<http://www.nagara.cz>>

Contact

Ing. Pavel Mec

VŠB – Technical university of Ostrava, Faculty of civil engineering

Ludvíka Poděštné 1875/17

Tel: 597 321 952

email: pavel.mec@vsb.cz

Ing. Tereza Murínová

VŠB – Technical university of Ostrava, Faculty of civil engineering

Ludvíka Poděštné 1875/17

Tel: 597 321 322

email: tereza.murinova@vsb.cz

Ing. Jana Boháčová

VŠB – Technical university of Ostrava, Faculty of civil engineering

Ludvíka Poděštné 1875/17

Tel: 597 321 968

email: jana.bohacova@vsb.cz

IMPACT ASSESSMENT OF USING OF PORTLAND CEMENT CONTAINING FLY ASH IN ROAD CONCRETE

Marcela Ondová, Nadežda Številová, Alena Sičáková

Abstract

Industrial utilization of fly ash from pulverized coal combustion plays an important role in environmentally clean and cost effective power generation. Today, the primary market for fly ash utilization is as pozzolanic additive in the production of concrete. Concrete is traditionally made with Portland cement, a powdery substance made of ground clinker, calcium sulfate, and other minor additives. Clinker production is energy consuming process. Fly ash, as a kind of energetic waste, which largely consists of silicon dioxide and calcium oxide, can be used as a substitute for Portland cement, or as a supplement to it. The paper is oriented to the study of the physical-mechanical properties of hardened fly ash - concrete composites with various proportions of fly ash as well as to economic and environmental impact of its using in building industry. The results show that the large quantities of fly ash, which are available at low costs around the world and its using in road concrete production seems to be the best solution to reducing consumption of cement including environmental and economic aspects.

Key words: *fly ash, Portland cement, concrete, mechanical properties, alternative raw material, economic assessment*

1 INTRODUCTION

Industrial utilization of fly ash from coal combustion is an important environmental and economic issue. Disposal of fly ash, e.g. in a landfill, enhances the risk of contamination the ground water by leaching of heavy metals contained in the fly ash [1 - 2]. In addition, the high taxes on landfill increase the motivation to reuse fly ash [3]. Today, the primary market for fly ash utilization is as pozzolanic additive in the production of concrete [4]. Concrete is traditionally made with Portland cement, a powdery substance made of ground clinker, calcium sulfate, and other minor additives. Clinker is a material usually made of limestone and minerals, which are crushed and ground together, then heated. Calcium sulfate is added, and the clinker is ground into cement powder. The process requires a large amount of energy; it has a huge carbon footprint, and accounts for approximately 7% to 8% of carbon dioxide emitted every year. Fly ash, which largely consists of silicon dioxide and calcium oxide, can be used as a substitute for Portland cement, or as a supplement to it. The components from fly ash consists of are pozzolanic, meaning that they can be used to bind — or cement — materials together. Pozzolanic materials, including fly ash cement, add durability and strength to concrete.

Fly ash cement is also known as green concrete. It binds the toxic chemicals that are present in the fly ash in a way that should prevent them from contaminating natural resources. Using these supplementary cementing materials in concrete pavement has several environmental benefits. First, recovering of industrial byproducts reduces the consumption of virgin materials needed for cement manufacturing. Additionally, beneficial utilization reduces the amount disposed in landfills. However, the greenhouse gas and energy reductions achievable by using SCMs (Supplementary Cementitious Materials) to replace a portion of Portland cement are more important. CO₂ and energy savings are related to the percentage of SCM used in the concrete mixture design. Lot of highway

government agencies in other countries allow up to 25% of Portland cement to be replaced with fly ash and 50% to be replaced with slag cement; some states even allow higher SCM replacement levels [5].

Using fly ashes in road concrete brings following benefits [6 - 8]:

- higher ultimate strength,
- improved workability,
- reduced bleeding,
- reduced heat of hydration,
- reduced permeability,
- increased resistance to sulfate attack,
- increased resistance to alkali-silica reactivity (ASR),
- lowered costs,
- reduced shrinkage,
- increased durability,
- resistance to traffic load,
- resistance to pergelation.

Care should be taken when using fly ash in concrete due to:

- potential for decreased air entraining ability with high carbon fly ash may reduce durability,
- reduced early strength,
- reduced heat of hydration in colder climates.

2 MATERIALS AND METHODS

Experimental works were based on standards [9, 10]. These European standards have only determined rather general conditions for materials and methods of properties evaluation but in many ways they refer to national standards. The National standards for concrete pavements are in place. ES's do not cancel but only partly modify them.

The materials selection for experimental works, as well as testing the contribution of fly ash to quality of road concrete was performed in the terms of national standard requirements for roads of classes I – II (motorways, international roadways, parking areas), given in table 1. Also lots of expert studies were taken into consideration; however national conditions should be respected not only in the terms of technical requirements, but also due to specific parameters of fly ash. It is well known, that properties of fly ash vary significantly and strongly depend on coal quality, conditions of combustion etc. [11].

Table 1 Tested parameters and values required for road concrete (roads of classes I- II)

Properties	Method	Required value
Consistency of fresh concrete	Slump test	S1 (10-40 mm)
Air content in fresh concrete	Pressure method	4 - 8%
Fresh concrete temperature	Just after mixing	$+ 5\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T \leq + 30\text{ }^{\circ}\text{C}$

Compressive strength	7, 28 and 90 days	32 MPa (in 28 days)
Flexural strength	7, 28 and 90 days	4.5 MPa (in 28 days)
De-icing salts resistance	150 freezing-thawing cycles	max. 300 g/m ² /100 ¹⁾
Frost resistance	300 freezing-thawing cycles	min 0.85 ²⁾

Note: ¹⁾Rate of destruction/minimal number of cycles. Rate of destruction is expressed by scaling of tested concrete [g/m²]; ²⁾Frost index - rate of flexural strength before and after freezing-thawing cycles

In accordance to the proposed prescription, the C30/37 grade concrete made with 0 - 15% fly ash (class C - properties of FA are presented in Table 2) replacement of special kind of Portland cement CEM I 42,5 N. Water cementations material ratio was 0.36 and natural gravel aggregate from stone – pit Soporna and Hanisberk in specific ratio of the fine to coarse aggregate 40 (0/4): 10 (4/8): 50 (8/16, 16/32) was used in mixture.

Table 2 Chemical compositions of fly ash

Component [wt. %]							
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
37.5	15.60	7.67	1.30	22.94	2.77	1.21	0.63
MnO	P ₂ O ₅	SO ₃ (S)	S _{total}	*LOD	*LOI	*C.Sub.	*ROC
0.11	0.18	7.29 (2.91)	2.91	0.16	2.59	2.14	0.28

*Loss of drying (LOD), Loss of ignition (LOI), Combustible substances: 830 °C (C.Sub.), Residual organic carbon (ROC)

The mixtures were prepared in the laboratory mixer type ZZ 150 SH with horizontal rotary drum of 150 l capacity. Four based properties of fresh concrete: consistence, air content and temperature (EN 206-1: 2002) before the forms filling were tested according to EN 12350 (parts 3 and 7). The forms filling (the cube form with size 150 mm and the prism form with size 100 × 100 × 400 mm) were performed in two layers. Each layer was compacted on the vibration plate VSB 40 for 8 seconds. Next day the composites were taken out of the forms and saved in the water bath. 144 pieces of testing composite were cured at temperature 20 ± 2 °C. After 7, 28 and 90 days of hardening the composites were taken out of the water bath and tested for the required properties for class of concrete C 30/37 (table 1) - the composites were tested on compressive strength (CS), flexural strength (FS), determination of concrete chemical substance resistance (STN 73 1326, STN 73 6123) as well as on freezing and thawing. For the comparative study the reference sample (RS) concrete class (C 30 / 37) was prepared in accordance with requirements of Technical standards STN 73 6123 –Road Construction. Cement Concrete Pavements. Wearing Courses.

In order to meet the strict criteria of Slovak technical legislation for using of alternative materials in constructions our study was designed with 15% fly ash replacement of cement in the concrete. The Slovak cost price calculation software CENKROS was used to demonstrate the benefit of fly ash utilization. CENKROS is software for measurement and quality control of building production. This system covers all activities associated with the preparation and execution of the contract. It allows you to prepare a quality bid quickly, to calculate costs of using the effective utilization and billing of the work performed, and to prepare price estimates by financial indicators. The expected cost saving was calculated within the study of Slovak brown coal fly ash utilization in road concrete with regard to application of raw materials in the road and highway constructions. Concrete mixture with 15% fly ash compensation in a road construction was selected for our calculation.

The road construction study of two layer cement concrete (CC) pavement of T1 tunnel on Dx highway was used as a basis for this project. Its structure and dimension is full in compliance with internal technical document no. 0803/2003 “Design of concrete-cement carriageway at road communication” of actual Slovak building company. The T1 tunnel is designed as a double-pipe highway tunnel in Slovak rural area with 80 km/h maximum speed in one way traffic, or with 60 km/h maximum speed in two way traffic (in case of closure of one tunnel pipe). The pipe length is 698 m including concrete cement pavement in front of the portal with optimum length of 50 m. Width configuration of the tunnel is specified in classification T1 = 9.0 m in terms of STN 76 7507. The engineering characteristic of the T1 tunnel on Dx highway is presented in Table 4. Economic costs were calculated without production and administrative expenses and without any profit as well. Current material inputs, team and machine utilization, and transport costs were specified for Slovak Dx highway.

Table 4 Engineering characteristic of T1 tunnel on Dx highway

Two - layer concrete cover	
Coated intermediate aggregate	170/80mm
Infiltration road spray 1.0kg/m ²	50mm
Cement stabilization I	180mm
Aggregate 0-32, 0-63 (20+150mm)	270mm

3 RESULTS AND DISCUSSIONS

3.1 Fresh concrete tests

The resulting measured values of fresh concrete properties (consistency, air content, temperature) in comparison with the specific requirements of Technical Standard (TS) are presented in Table 5.

Consistency: All samples comply with requirement S1, while improvement in consistency is also slightly visible with increasing amount of fly ash.

Air content: All samples comply with requirement for 4-8%, amount of fly ash does not influence the air content significantly.

Temperature: All samples comply with requirement for temperature range, while increasing amount of fly ash is causing slight decrease in temperature. It is logical, due to decrease of hydration heat causing by smaller amount of clinker.

3.2 Tests of mechanical properties of hardened concrete

Compressive (CS) and flexural strengths (FS) development of composites based on various fly ash portions after 7, 28 and 90 days are showed in Table 5. Both strengths values of experimental composites with various portion of FA are compared with values of reference sample (RS) and with requirements Technical standards (CS – 32.0MPa / 28d, FS – 4.5MPa / 28d). Based on these results it can be stated that the prepared FA concrete composites with 5 % as well as 15 % of cement replacement met the required criteria of Technical standard. With increasing amount of fly ash, slight decrease in both strengths is visible, including early strengths and ultimate strengths.

3.3 Tests of water activity and chemical resistance; the freezing and thawing tests

De-icing salts resistance: Requirement for max. 300 g/m² of scaling in 100 cycles is not fulfilled only when replacing 15% of cement with fly ash. However, it is necessary to say that testing was done in strict conditions – with 150 cycles. In publication [12], the value of scaling 1500 g/m² is classifying as small damage, while according to laboratory testing such samples did not show any degradation even at real exposure.

Frost resistance - Frost index: All samples comply with requirement for min. 0.85. Increase in amount of fly ash is causing decrease of frost index.

Frost resistance - Compressive strength: Standard requirement for value of compressive strength after freezing cycles does not defined; however we did include this in our testing. As per results, compressive strengths after freezing cycles increased slightly. Increasing amount of fly ash basically doesn't influence values of strength after freezing, decrease is only visible after 15% replacement.

Table 5 Results of testing of fresh and hardened concrete

Parameter	Unit	Time of testing	RS S0	5 % of fly ash S5	10 % of fly ash S10	15 % of fly ash S15
Consistency	[mm]	-	30	30	40	40
Air content	[%]	-	6.0	6.0	6.4	6.5
Temperature	[°C]	-	23.5	22.5	19.5	19.5
Flexural strength	[MPa]	7	5.8	6.1	5.1	4.9
		28	6.9	6.6	6.2	5.6
		90	8.2	8.1	7.1	6.8
Compressive strength	[MPa]	7	44.2	40.0	35.7	31.0
		28	48.4	44.2	42.4	37.2
		90	57.2	53.7	52.6	41.1
De-icing salts resistance - Scaling	[g/m ²]	after freezing	47.6	90.7	209.1	557.0
Frost resistance - Flexural strength	[MPa]	before freezing	7.1	6.5	6.2	5.8
		after freezing	6.5	5.9	5.6	5.1
		-	-	-	-	-
Frost resistance - Frost index	[%]	-	0.92	0.91	0.90	0.88
Frost resistance - Compressive strength	[MPa]	before freezing	48.6	45.3	42.7	38.2
		after freezing	50.6	50.6	50.6	42.7
		-	-	-	-	-

3.4 Economic assessment

Costs were calculated with no production and administrative expenses consideration and without any profit as well. Current inputs of materials, transport costs, team and machine utilization was specified for Dx highway space. Respecting the specific technology these results came out in this calculation [13]:

Variante I. - By 100% quantity of CEM I 42.5R Portland cement utilization for CC I production according to proposed recipe designed in catalogue items of CENKROS database the unit price 93.72 €/m² resulted.

Variante II. - The second alternative based on utilization of 100% quantity of CEM I 42.5R Portland cement for CC I production according to our own recipe the unit price 92.46 €/m² resulted.

Variante III. -The variant utilization of 85% quantity of CEM I 42.5R Portland cement for CC I production and utilization of 15% ENO fly ash according to our own recipe we obtained the unit price 86.76 €/m².

These unit prices were used for calculation of CC I pavement construction for two - layers tunnel with 698m pipe length. Summarized results are illustrated in Table 6. The most effective alternative seems to be the number III. with 15% fly ash compensation. It represents 21 260.08 € cost savings per one kilometer of cement concrete pavement [14].

Table 6 Final calculation of CC two-layer cover of pavement

Description	Total price
CC two layer reinforced cover of pavement class I. thickness to 250mm – calculation according to the CENKROS database	553 555.88 €
CC two layer reinforced cover of pavement class I. thickness to 250mm – calculation based on our own recipe with 100 % Portland cement using	549 758.76 €
CC two layer reinforced cover of pavement class I. thickness to 250mm - calculation based on our own prescriptions with 85 % Portland cement using and 15% ENO fly ash using	532 294.80 €
Cost saving with 15% fly ash in CC I production	21 261.08 €

4 CONCLUSION

Fly ash has wide use in highway construction, at the moment it is especially being used as replacement of primary raw materials – soil, sand and gravel-sand. It can be used for highway structures (motorways, highways, busy town roads, airports, parking areas and mountain and country roads) for stabilized base layers of road, flowable fills, in structural fills/embankments, for soil improvement and grouts for pavement subsealing. The development of these new specifications and tests (when fly ash is used in concrete construction for transport infra-structure) leads to reduction of materials related problems. Additionally the rational tests based on documented research prove that the increase of the fly ash utilization provides a net of environmental benefits as well as many of economic benefits. Partial cement replacement with supplementary cementing materials reduces greenhouse gas emission proportionately and results in a more "green" concrete, through reduced energy consumption (energy required to produce cement) and prevents the depletion of natural resources.

Acknowledgements

This research has been carried out in terms of the project NFP 26220120037 Centre of excellent research of the progressive building structures, materials and technologies, supported from the European Union Structural funds.

References

1. PEDERSEN, K.H., JENSEN, A. D., SKJØTH-RASMUSSEN, M.S., DAM-JOHANSEN, K. *A review of the interference of carbon containing fly ash with air entrainment in concrete*, Progress in Energy and Combustion Science, Vol. 34, No. 2, April 2008, pp 135–154, <http://dx.doi.org/10.1016/j.pecs.2007.03.002>
2. HALL, M.L., LIVINGSTON, W.R. *Fly ash quality, past, present and future, and the effect of ash on the development of novel products*, J Chem Technol Biotechnol, Vol. 77, No 3, 2002, pp. 234–239.
3. GIERÉ, R., CARLETON, L.E., LUMPKIN, G.R. *Micro- and nanochemistry of fly ash from a coal-fired power plant*, Am Mineral, Vol. 88, 2003, pp. 1853–1865.
4. Europe's environment: the third assessment. Environmental assessment report no. 10, European Environment Agency (EEA), Copenhagen, Denmark, 2003.
5. RAFALOWSKI, M. *Fly Ash Facts for Highway Engineers*, American Coal Ash Association, 2003.
6. Green Highways - *Environmentally and Economically Sustainable Concrete Pavements*, Concrete pavement research and technology special report, ACPA, 2007.
7. BAČÍKOVÁ, M., ŠTEVULOVÁ, N. *Utilisation of fly ash for road concrete production*, In: CHISA 2007: 54. Conference of Chemical and Processing Engineering, Prague: ČSCHI, 2007.
8. KRLIČKOVÁ, E.: *Possibilities of ash utilisation in road engineering*. J Acta Montanistica Slovaca, No. 3., 1998, pp. 314-313.
9. EN 13 877 – 1: Concrete pavements. Part 1: Materials
10. EN 13 877 – 2: Concrete pavements. Part 2: Functional requirements for concrete pavements.
11. ŠTEVULOVÁ, N., SIČÁKOVÁ, A., TERPÁKOVÁ, E. *Some aspects of fly ash valorisation in road concrete*, In: WasteEng12: 4th International Conference on Engineering for Waste and Biomass Valorisation, (eds.: A, NZIHOU and F. CASTRO) Prifysgol : Swansea University, Vol. 5, 2012, pp 1533-1538. ISBN 979-10-91526-00-5.
12. BRANDES, CHR., SCHIEBL, P. *Effect of aging related to freeze/thaw and de-icing salt resistance of concretes*, In: Concrete repair, rehabilitation and retrofitting, London: Taylor and Francis Group, 2006, p. 187.
13. ONDOVÁ, M., ŠTEVULOVÁ, N., ZELENÁKOVÁ, E. *Energy Savings and Environmental Benefits of Fly Ash Utilization as Partial Cement Replacement in the Process of Pavement Building*, J. Chemical Engineering Transactions : Selected Papers of Pres'11, Vol. 25, 2011, p. 297.
14. ONDOVÁ, M., ZELENÁKOVÁ, E. *The Economic Balance of the Financial Costs of Construction Concrete Roadway with a Share of Fly Ash in Cement*, In: Innovative Approach to Modeling Intelligent Construction Elements in Building, Kosice, Slovakia, 2010, p. 202 (in Slovak).

Kontaktné údaje

Ing. Marcela Ondová, Ph.D.

Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta

Vysokoškolská 4, 042 00 Košice, Slovenská republika

Tel: + 421 55 602 4125

email: marcela.ondova@tuke.sk

prof. RNDr. Nadežda Števílová, Ph.D.
Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta
Vysokoškolská 4, 042 00 Košice, Slovenská republika
Tel: + 421 55 602 4126
email: nadezda.stevulova@tuke.sk

doc. Ing. Alena Sičáková, Ph.D.
Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta
Vysokoškolská 4, 042 00 Košice, Slovenská republika
Tel: + 421 55 602 4275
email: alena.sicakova@tuke.sk

CEMENTOVÉ MALTY MODIFIKOVANÉ CIHELNÝM RECYKLÁTEM

CEMENT MORTARS MODIFIED BY RECYCLED WASTE BRICK

Eva Navrátilová, Jiří Strádal, Pavla Rovnaníková

Abstrakt

Článek se zabývá přípravou a hodnocením cementových malt modifikovaných jemně mletým cihelným recyklátem. Tyto malty byly hodnoceny na základě stanovení pevnosti v tahu za ohybu a pevnosti v tlaku. Byla také sledována konzistence čerstvých modifikovaných cementových malt s konstantním obsahem vody a různým množstvím plastifikátoru. Výsledky ukázaly, že přídavek 10 až 30 % cihelného recyklátu zajišťuje dostatečné pevnosti malt, a tedy skýtá možnost využití mletého cihelného recyklátu ve stavební praxi.

Klíčová slova: cihelný recyklát, cement, malty, konzistence

Abstract

The article deals with preparation and evaluation of the cement mortars modified by the finely ground recycled waste brick. These mortars were evaluated by determining the flexural strength and the compressive strength. The consistency of the fresh cement mortars with the constant content of water and the varying amounts of plasticizer was also observed. The results showed that the 10 to 30 % addition of the recycled waste brick ensures the sufficient strengths of the mortars. Moreover, it enables using of the ground recycled waste brick in the building practice.

Key words: recycled waste brick, cement, mortars, consistency

1 ÚVOD

Výroba cementu je spojena s vysokou energetickou náročností, a také s nadměrnou produkcí CO_2 do ovzduší, následkem toho je dnes tendence tyto negativní jevy eliminovat, tj. snižovat spotřebu energie a produkci CO_2 při technologických procesech. Jednou z cest je částečná náhrada portlandského cementu silikátovými příměsmi, které mohou s výhodou pocházet ze škály silikátových vedlejších produktů, vznikajících v různých průmyslových odvětvích, např. v hutnictví, energetice, ale i ve stavebnictví. Jako příklad lze jmenovat hutnické strusky, elektrárenské popílký, a také odpad z výroby cihlářského zboží nebo cihelný recyklát z demolic cihlových staveb.

Cihelný recyklát se nejvíce využívá jako zásypový materiál pro podkladní vrstvy vozovek, vyrovnání povrchů a další terénní úpravy, dále se využívá jako částečná náhrada kameniva v maltách nebo betonech, ale vzhledem k chemickému a mineralogickému složení by bylo možno jej využívat i jako částečnou náhradu pojiva (cement, vápno) v maltách či betonech.

Cihelný střep se vyznačuje pucolánovou aktivitou. Pucolány lze definovat jako křemičité nebo hlinitokřemičité látky, které samy o sobě nemají žádnou vazebnou schopnost, ale s hydroxidem vápenatým a vodou reagují za běžných teplot za vzniku sloučenin, které tuhnou, tvrdnou a jsou stálé na vzduchu i pod vodou [1]. Z chemického hlediska jsou pucolány materiály, které obsahují amorfní oxid křemičitý SiO_2 a reaktivní křemičitany,

hlinitany a hlinitokřemičitany. Oxid křemičitý je v pucolánech přítomen v amorfnní formě, reaguje s oxidem vápenatým za vzniku hydratovaných křemičitanů vápenatých, které jsou stálé na vzduchu i pod vodou. Jako pucolány jsou využívány různé druhy vedlejších produktů, např. cihelný střep či recyklát, popílky z vysokoteplotního spalování, křemičité úlety a popely ze spalování biomasy [2].

Keramika je definována jako anorganický nekovový materiál, ve vodě prakticky nerozpustný, obsahující krystalické látky (cca 30 %). Vyrábí se keramickým výrobním způsobem z minerálních surovin s převládající složkou jílových minerálů, vytvarované a vypálené na vysokou teplotu (většinou nad 800 °C). Výpalem procesem slinování nastává zpevnění mikrostruktury střepu [3]. Keramické suroviny vypálené na teplotu 600 až 900 °C získávají pucolánovou aktivitu. Po výpalu obsahuje cihelný střep bezvodé hlinitokřemičitany, a dále složky, které se výpalem nezměnily a byly přítomny v surovině, resp. v surovinové směsi, jako je oxid křemičitý, oxid hlinitý, anatas, muskovit ap. V důsledku výpalu a ztráty vody dochází ke zhroucení krystalické mřížky za vzniku metastabilních amorfnních fází. Obsahují-li jílové složky převážně jílový minerál kaolinit, který při výpalu mezi teplotami 500 až 600 °C přechází na metakaolinit, může docházet ke třem různým reakcím s hydroxidem vápenatým za vzniku produktů C_4AH_{13} , C_3AH_6 , C_2ASH_8 a CSH sloučenin. Jestliže teplota výpalu přesáhne 900 °C, mohou být amorfnní fáze opět přeměněny do nových stabilních krystalických sloučenin – mullit, tridymit, které již s hydroxidem vápenatým za běžných teplot nereagují. Takto vypálený cihelný střep ztrácí pucolánovou aktivitu [4, 5].

Pucolánovou aktivitu cihelného střepu ovlivňují různé fyzikálně-chemické vlastnosti, jako je obsah skelné fáze, celkový obsah oxidu křemičitého, velikost zrna, specifický povrch, kvalita primárních surovin, obsah cihelného střepu v cihelném recyklátu[6].

Jak již bylo uvedeno výše, cihelný recyklát je využitelný jako částečná náhrada kameniva či pojiva v maltách a betonech. V takto modifikovaných stavebních materiálech je účinnost cihelného recyklátu hodnocena na základě konzistence, objemové hmotnosti, pevnostních charakteristik, absorpce vody, smrštění a modulu pružnosti [7]. Poon, Kou a Lam [8] uvádí, že 25 a 50% náhrada kameniva cihelným recyklátem má pouze malý vliv na výsledné pevnosti a obsah cihelného recyklátu v betonech nad 50 % vede ke snižování pevností. Dochází také snižování objemové hmotnosti takto připravených betonů. Cihelný recyklát se vyznačuje vysokou absorpcí vody. Tato vlastnost je velmi důležitá při mísení směsí [9]. Byly také zkoumány vlastnosti cementů s obsahem cihelného odpadu, a to chemické složení, jemnost mletí, konzistence cementové pasty a počátky a konce dob tuhnutí a tvrdnutí. Cement byl nahrazen v množství 5, 10, 15 a 20 % cihelným odpadem. Výsledky ukazují, že s přibývajícím množstvím cihelného odpadu dochází ke zvyšování vodního součinitele a zkracují se počátky doby tuhnutí a tvrdnutí [10].

2 PŘÍPRAVA ZKUŠEBNÍCH TĚLES A PROVEDENÉ ZKOUŠKY

Na přípravu zkušebních těles byl použit portlandský cement CEM I 42,5 R (Českomoravský cement a.s., Mokrý), jemně mletý demoliční cihelný recyklát. Dále bylo použito přírodní kamenivo těžené, prané, frakce 0 – 4 mm (Brněnské písky a.s., Němčičky), voda a plastifikátor Mapei Dynamon NRG SX 14 (MAPEI, spol. s r. o., Česká republika). Složení jednotlivých malt je uvedeno v tabulce 1, jemně mletý cihelný recyklát byl do cementových malt přidáván v množství 0 až 80 % z hmotnosti cementu.

Na připravených maltách byla stanovena konzistence podle normy ČSN EN 1015-3 Zkušební metody malt pro zdivo – Část 3: Stanovení konzistence čerstvé malty (s použitím střešního stolku) [11], v prvním kroku byly namíchány malty s konstantním množstvím vody (116 ml) a poté byly připraveny malty s konstantním množstvím vody a plastifikátorem, tak aby byl

zachován rozliv čerstvé malty na hodnotě 170 ± 5 mm. Připravené malty s obsahem vody a plastifikátoru byly uloženy do forem o velikosti $40 \times 40 \times 160$ mm. Po ztvrdnutí byla zkušební tělesa vyjmuta z forem a volně uložena v laboratorních podmínkách při teplotě 21 ± 1 °C a relativní vlhkosti vzduch 50 ± 5 %. U všech zkušebních těles byla stanovena pevnost v tahu za ohybu, pevnost v tlaku a objemová hmotnost ve stáří 28 a 90 dnů.

Tab. 1 Složení jednotlivých malt

	CR REF	CR 10	CR 20	CR 30	CR 40	CR 50	CR 60	CR 70	CR 80
Cement [g]	200	180	160	140	120	100	80	60	40
Cihelný recyklát [g]	0	20	40	60	80	100	120	140	160
Kamenivo [g]	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Voda [ml]	116	116	116	116	116	116	116	116	116
Plastifikátor [ml]	0	0	0	0	0,1	0,15	0,3	0,6	1

1.1 Konzistence čerstvé malty

V tabulce 2 a 3 jsou uvedeny konzistence čerstvých cementových malt modifikovaných jemně mletým staveništním cihelným recyklátem.

Tab. 2 Konzistence čerstvých malt při konstantním množství vody

	CR REF	CR 10	CR 20	CR 30	CR 40	CR 50	CR 60	CR 70	CR 80
Rozliv [mm]	175	173	172	170	159	138	123	118	111
Obsah vody [ml]	116	116	116	116	116	116	116	116	116

Tab. 3 Konzistence čerstvých malt s konstantním obsahem vody a zvyšujícím se množstvím plastifikátoru

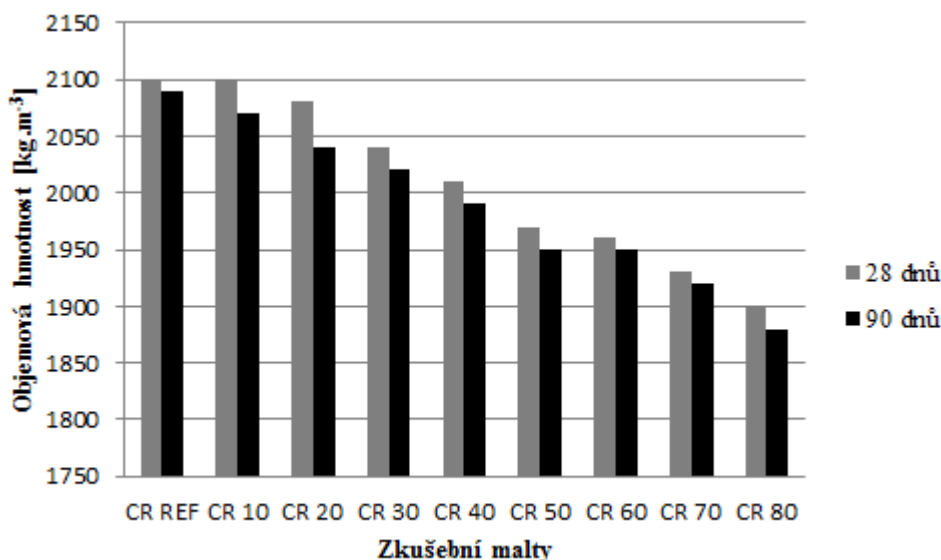
	CR REF	CR 10	CR 20	CR 30	CR 40	CR 50	CR 60	CR 70	CR 80
Rozliv [mm]	175	174	173	172	176	176	175	177	174
Obsah vody [ml]	116	116	116	116	116	116	116	116	116
Obsah plastifikátoru [ml]	0	0	0	0	0,1	0,15	0,3	0,6	1

Z tabulky 2 je patrné, že se zvyšujícím se množstvím cihelného recyklátu a zachováním konstantního množství vody v maltách dochází k menšímu rozlivu malt. Do množství 30 % cihelného recyklátu lze dodržet požadovaný rozliv malt. Díky přidavku plastifikátoru lze zachovat při konstantním množství vody a zvyšujícím se množstvím cihelného recyklátu požadovaný rozliv pro všechny malty (Tab. 3). Se zvyšujícím se množstvím cihelného recyklátu v maltách se také zvyšuje obsah plastifikátoru.

1.2 Objemová hmotnost

Výsledky objemové hmotnosti cementových malt modifikovaných jemně mletým staveništním cihelným recyklátem ve stáří 28 a 90 dnů jsou uvedeny na obrázku 1. Nejvyšší

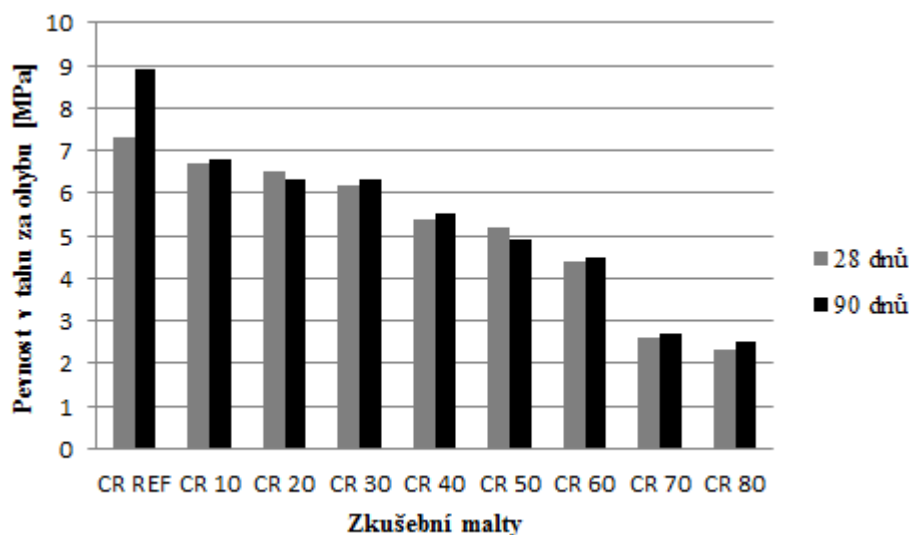
objemové hmotnosti dosahuje malta, která neobsahuje jemně mletý cihelný recyklát, ve stáří 28 a 90 dnů. Se zvyšujícím se množstvím cihelného recyklátu dochází ke snižování objemové hmotnosti ve stáří 28 a 90 dnů. Snižování objemové hmotnosti je způsobeno odpařováním záměsové vody, ale také má na její snižování vliv zvyšující se množství cihelného recyklátu, který se vyznačuje určitou porozitou.



Obr. 1 Objemová hmotnost ve stáří 28 a 90 dnů

1.3 Pevnost v tahu za ohybu a pevnost v tlaku

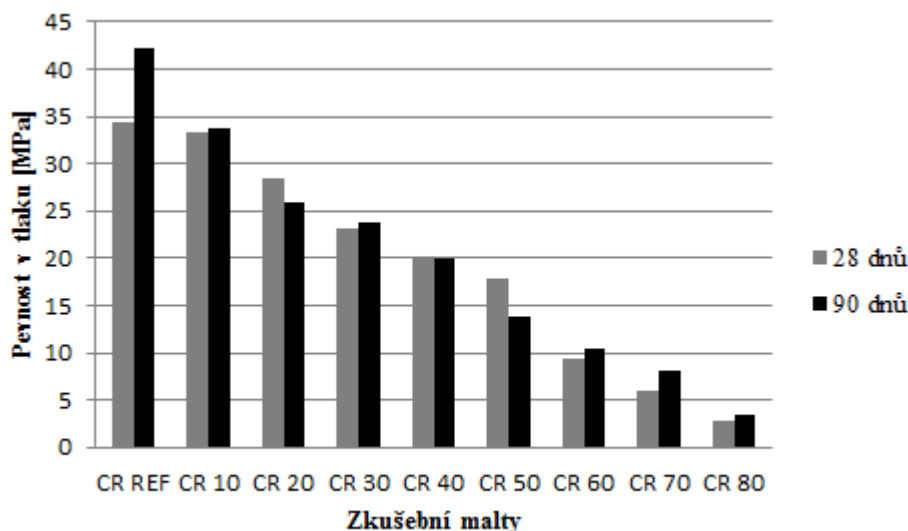
Na obrázku 2 a 3 jsou znázorněny výsledky pevností v tahu za ohybu a pevností v tlaku cementových malt modifikovaných jemně mletým cihelným recyklátem ve stáří 28 a 90 dnů.



Obr. 2 Pevnost v tahu za ohybu ve stáří 28 a 90 dnů

Nejvyšších pevností v tahu za ohybu dosahují malty bez přídavku jemně mletého cihelného recyklátu ve stáří 28 i 90 dnů. Pevnosti v tahu za ohybu klesají se zvyšujícím se množstvím cihelného recyklátu v obou sledovaných časech. Téměř u všech malt došlo ke zvýšení pevností v tahu za ohybu v průběhu času. Pouze u malt s obsahem 20 a 50 % cihelného recyklátu došlo k mírnému poklesu pevností ve stáří 90 dnů. Toto může být způsobeno chybou měření.

Nejvyšších pevností v tlaku dosáhly malty obsahující pouze cement ve stáří 28 i 90 dnů. Se zvyšujícím se obsahem cihelného recyklátu v maltách dochází k poklesu jejich pevností ve stáří 28 i 90 dnů. U všech malt dochází ke zvyšování pevností v tlaku v průběhu času. Výjimku tvoří pouze malty s obsahem 20 a 50 % cihelného recyklátu, u kterých došlo k poklesu pevností v tlaku v průběhu času, a malta obsahující 40 % cihelného recyklátu, u které zůstává pevnost v tlaku totožná ve stáří 28 a 90 dnů. Tyto výkyvy jsou pravděpodobně způsobeny chybou měření.



Obr. 3 Pevnost v tlaku ve stáří 28 a 90 dnů

3 DISKUSE A ZÁVĚR

V článku byly hodnoceny cementové malty modifikované cihelným recyklátem, hodnocení probíhalo na základě stanovení pevnostních charakteristik, stanovení objemové hmotnosti. Byla také sledována konzistence těchto čerstvých cementových malt, a to bez a s přidavkem plastifikátoru. Cementové malty byly modifikované jemně mletým demoličním cihelným recyklátem v množství 0 až 80 % z hmotnosti cementu.

Stanovení konzistence ukázalo, že se zvyšujícím se množstvím cihelného recyklátu dochází k menšímu rozlivu čerstvých malt při zachování konstantního množství vody. Do množství 30 % cihelného recyklátu lze dodržet požadovaný rozliv malt (170 ± 5 mm). Díky přidavku plastifikátoru lze zachovat při konstantním množství vody a zvyšujícím se množstvím cihelného recyklátu požadovaný rozliv pro všechny malty.

Z výsledku je patrné, že nejvyšších pevností dosahovaly malty, které neobsahovaly cihelný recyklát, s jeho zvyšujícím se množstvím docházelo ke snižování pevností cementových malt modifikovaných jemně mletým staveništním cihelným recyklátem. Pevnosti v průběhu času rostly, a to u všech připravených malt. Je předpoklad, že s časem se budou pevnosti dále zvyšovat, což bude následně potvrzeno dalšími experimenty. Objemová hmotnost klesala se zvyšujícím se množstvím cihelného recyklátu a také v čase docházelo k jejímu poklesu.

Lze říci, že přidavek cihelného recyklátu v množství 10 % zajišťuje ekvivalentní hodnoty pevností a tyto malty by byly využitelné v praxi. Přidavek cihelného recyklátu také vede ke snížení množství cementu v maltách, což vede k menší zátěži životního prostředí při výrobě cementu, a také dochází ke zpracování cihelného recyklátu jako vedlejšího produktu ze stavební výroby a demolic.

Výsledky uvedené v článku byly získány v rámci řešení projektu P104/10/0355 a částečně také s finanční pomocí EU „OP Výzkum a vývoj pro inovace“, projekt reg. č. CZ.1.05/2.1.00/03.0097, v rámci činnosti regionálního Centra AdMaS „Pokročilé stavební materiály, konstrukce a technologie“.

Použitá literatura

1. DONATELLO, S., TYRER, M., CHEESEMAN, C.R. Comparison of test methods to assess pozzolanic activity. *Cement and Concrete Composites*. 2010, vol. 32, p. 121-127.
2. ROVNANÍKOVÁ, P. *Omítky*. 1. vyd. Praha: Společnost pro technologie ochrany památek, 2002. 89 s. ISBN 80-86657-00-0.
3. PYTLÍK, P., SOKOLÁŘ, R. *Stavební keramika*. Brno: CERM Akademické nakladatelství, 2002. 287 s. ISBN 80-7204-234-3.
4. UGURLU, E., BOKE, H. The use of brick-lime plasters and their relevance to climatic conditions of historic bath buildings. *Construction and Building Materials*. 2009, vol. 23, p. 2442-2450.
5. BARONIO, G., BINDA, L. Study of the pozzolanicity of some brick and clays. *Construction and Building Materials*. 2007, vol. 11, p. 41-46.
6. MOROPOULOU, A., BAKOLAS, A., AGGELAKOPOULOU, E. Evaluation of pozzolanic activity of natural and artificial pozzolans by thermal analysis. *Thermochimica Acta*. 2004, vol. 420, p. 135-140.
7. SILVA, J. et al. Incorporation of fine ceramics in mortars. *Construction and Building materials*. 2009, vol. 23, p. 556-564.
8. POON, C. S., KOU, S. C., LAM, L. Use of recycled aggregates in molded concrete brick and blocks. *Construction and Building materials*. 2002, vol. 16, p. 281-289.
9. CACHIM, P. B. Mechanical properties of brick aggregate concrete. *Construction and Building materials*. 2009, vol. 23, p. 1292-1297.
10. NACERI, A., HAMINA, M. CH., GROSSEAU, P. Physico-chemical characteristic of cement manufactured with artificial pozzolan (Waste brick). *World Academy of Science*. 2009, vol. 52, p. 41-43.
11. ČSN EN 1015-3. *Zkušební metody malt pro zdivo – Část 3: Stanovení konzistence čerstvé malty (s použitím střešacího stolu)* Praha: Český normalizační institut, 2000. 12 s.

Kontaktní údaje

Ing. Eva Navrátilová

Vysoké učení technické v Brně, Stavební fakulta, Ústav chemie

Veveří 331/95, 602 00 Brno

Tel: 541 147 643

email: navratilova.e@fce.vutbr.cz

prof. RNDr. Pavla Rovnaníková, CSc.

Vysoké učení technické v Brně, Stavební fakulta, Ústav chemie

Veveří 331/95, 602 00 Brno

Tel: 541 147 633

email: rovnanikova.p@fce.vutbr.cz

Bc. Jiří Strádal

Vysoké učení technické v Brně, Stavební fakulta, Ústav chemie

Veveří 331/95, 602 00 Brno

email: StradalJ@study.fce.vutbr.cz

KARBONATACE BETONU S ČÁSTEČNOU NÁHRADOU CEMENTU CIHELNÝM STŘEPEM

CARBONATION OF CONCRETE WITH A PARTIAL REPLACEMENT OF CEMENT BY THE BRICK BODY

Markéta Chromá, Pavla Rovnaníková, Patrik Bayer

Abstrakt

Náhrada portlandského cementu v betonu pucolánovými příměsmi vede ke snížení koncentrace hydroxidu vápenatého, který vzniká hydratací cementu. Další snížení je pak způsobeno korozními reakcemi, např. karbonatací, sulfatací ap. Snížení koncentrace hydroxidových iontů má vliv na urychlení koroze ocelové výztuže. V příspěvku jsou popsány vlastnosti jemnozrnného betonu v závislosti na náhradě cementu jemným cihelným střepem. Byly stanoveny mechanické vlastnosti – pevnost v tahu ohybem a pevnost v tlaku a porozita betonu. U betonů s náhradou 10 až 60 % cementu cihelným střepem byl vyšetřován průběh karbonatace.

Klíčová slova: beton, cement, karbonatace, cihelný střep, pevnost, porozita

Abstract

Replacement of p-cement in concrete by pozzolanic supplementary cementing materials leads to a decrease in the concentration of hydroxide ions which originate from the cement hydration. Further decrease is caused by corrosion reactions, e.g. carbonation, sulphation etc. Decreasing concentration of hydroxide ions affects the corrosion rate of the steel reinforcement. The paper deals with the properties of fine grain concrete in the dependence of cement replacement by fine ground brick body. The compressive and tensile strengths and course of carbonation were investigated on the concrete with 10 to 60 % replacement of cement.

Key words: concrete, cement, carbonation, brick body, strength, porosity

1 ÚVOD

Beton je kompozitní materiál, kde hydraulické pojivo představuje portlandský cement, který se vyrábí pálením vápenců s obsahem jílu na teplotu kolem 1500 °C. Jeho výroba je zatížena emisemi oxidu uhličitého a vysokou energetickou náročností. V současnosti se při výrobě 1 tuny portlandského cementu uvolní více než 600 kg CO₂. Při roční světové produkci přibližně 2,3 miliard tun cementu to představuje 5 až 8 % celosvětových emisí CO₂ [1]. Jedním ze směrů snižování emisí CO₂ a spotřeby paliv je využívání směsných cementů, definovaných v ČSN EN 197-1 [2] jako cementy CEM II až CEM V. Běžně používané příměsi do cementů jsou vysokopecní granulovaná struska, popílky z vysokoteplotního spalování, přírodní pucolány, kalcinovaná břidlice, křemičitý úlet, vápenec.

Jinou možností, kterou prozatím norma neuvádí, jsou kalcinované jílové minerály. Poměrně dosti pozornosti se věnuje pálenému kaolínu, jehož hlavní součástí je kaolinit. Ten při teplotě nad 550 °C dehydroxyluje za vzniku bezvodé sloučeniny metakaolinitu, který se vyznačuje amorfním charakterem. Metakaolinit je pucolánový materiál, který v betonu může částečně nahradit cement. Reaguje pucolánovou reakcí s hydroxidem vápenatým za vzniku

hydratovaných křemičitanů a hlinitanů vápenatých [3]. Podobně lze pro účely náhrady cementu využít i jiné pálené jílové materiály, zejména cihlářské zeminy. Tato technologie je velmi stará, již ve starověku používali Římané drcené keramické střepy do malt, ve středověku to byla jemně drcená cihla, kterou můžeme v dochovaných omítkách identifikovat [4].

Vzhledem k pucolánovým vlastnostem cihelného střepu, obrací se pozornost při náhradě cementu v betonu i k tomuto materiálu, který je navíc možno získat jako druhotnou surovinu, která původně vzniká při výrobě cihlářského zboží.

Pucolánová aktivita cihelného střepu je rozdílná v závislosti na složení cihlářské zeminy, použitých přísadách, jako jsou ostřiva a lehčiva a v neposlední řadě také na způsobu a teplotě výpalu.

Při hydrataci portlandského cementu, jeho silikátových slínkových minerálů, vzniká jako jeden z produktů hydroxid vápenatý (portlandit). Ten hraje významnou roli při vytváření vysoké koncentrace OH^- iontů v okolí ocelové výztuže. Vysoce zásadité prostředí významně stabilizuje ochrannou vrstvu oxidů na povrchu oceli, která ji chrání před korozí. Ve výluhu z betonu je hodnota pH blízká hodnotě pH nasyceného roztoku hydroxidu vápenatého (12,45 při 25 °C). Korozními reakcemi, např. s kyselými plyny, sírany apod. se sníží koncentrace hydroxidu vápenatého a při pH pórového roztoku pod 9,5 je vytvořena jedna z podmínek koroze výztuže.

Je-li v betonu použit některý druh směsného cementu, nebo nahrazena část portlandského cementu jakoukoli příměsí, která reaguje s hydroxidem vápenatým (pucolánovou reakcí), je nutné zjistit míru a průběh reakce při různých množstvích náhrady cementu [5].

Snížení obsahu hydroxidu vápenatého se děje také reakcí s oxidem uhličitým, který je běžnou součástí atmosféry. Tento proces, nazývaný karbonatace, vede ke snížení koncentrace hydroxidových iontů.

Příspěvek je zaměřen na vliv náhrady portlandského cementu v jemnozrnném betonu cihelným střepem na vybrané vlastnosti, zejména na průběh karbonatace v čase.

2 POPIS KARBONATACE

Karbonatace betonu je chemický proces způsobený reakcí oxidu uhličitého se složkami cementového tmelu v betonu, čímž dochází k postupnému snižování pH pórového roztoku.

Hydroxidové ionty (OH^-) v pórovém roztoku vznikají jednak disociací hydroxidu vápenatého, který se tvoří při hydrataci silikátových slínkových minerálů, a rovněž disociací hydroxidu sodného a draselného, které se tvoří reakcí minerálů obsahujících Na_2O a K_2O s vodou. Zatímco hydroxidy sodný a draselný jsou zcela rozpuštěny v pórovém roztoku, množství hydroxidu vápenatého je v pórovém roztoku nízké vzhledem k jeho rozpustnosti (0,16 g $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ve 100 g vody při 20 °C) a v cementovém tmelu je přítomen rovněž v krystalické formě (portlanditu). Pórový roztok v nekarbonatovaném betonu má vysokou koncentraci hydroxidových iontů odpovídající hodnotě $\text{pH} > 12$ [6].

Karbonataci způsobuje oxid uhličitý, který reaguje se zásaditými křemičitany a hlinitany vápenatými, ale především s hydroxidem vápenatým, sodným a draselným. Hydroxidy sodný a draselný jsou přítomny v cementovém tmelu v nízké koncentraci, dominantní roli hraje především hydroxid vápenatý. Snížení koncentrace hydroxidových iontů neutralizací oxidem uhličitým v pórovém roztoku vede tedy k postupnému rozpuštění dalších podílů krystalického hydroxidu vápenatého až do jeho úplného vyčerpání. Děj lze vyjádřit chemickou rovnicí



Při absenci hydroxidu vápenatého se sníží pH pórového roztoku na hodnotu 8,3, která odpovídá koncentraci hydroxidových iontů v nasyceném roztoku uhličitanu vápenatého (1,4 mg CaCO_3 ve 100 g vody při 20 °C).

Postoupí-li hloubka takto zkarbonatované povrchové vrstvy betonu až k výztuži, dojde k narušení ochranné (pasivační) vrstvy na povrchu výztuže, která pak v přítomnosti kyslíku a vody může začít korodovat. Vznik korozních produktů, které mají několikanásobně větší objem, vede pak ke vzniku trhlinek v betonu, případně až k rozpadu betonu krycí vrstvy výztuže, a tím k možnosti přímého napadení povrchu výztuže dalšími korozivními látkami.

3 PŘÍPRAVA ZKUŠEBNÍCH TĚLES

Zkušební tělesa o rozměrech 40×40×160 mm byla zhotovena z malty obsahující cement CEM I 42,5 R (Českomoravský cement, a.s., Mokrý), kamenivo s granulometrií 0/4 mm (KÁMEN Zbraslav, spol. s r.o.- Kamenolom Želešice), vodu, plastifikátor Dynamon SX 14 od firmy Mapei a cihelný střep – směsný obrus z výroby kalibrovaných tepelně izolačních tvarovek (Heluz cihlářský průmysl v. s. o., závod Hevlín). Použitý cihelný střep má hodnotu pucolánové aktivity (stanovené upraveným Chapelleho testem) 507,1 mg Ca(OH)_2 na 1 g použitého střepu. Granulometrickou analýzou na laserovém analyzátoru bylo zjištěno, že hodnota d_{50} odpovídá zrnům pod 20 μm a hodnota d_{90} odpovídá zrnům pod 300 μm .

Složení jednotlivých cementových malt je shrnuto v tabulce 1. Množství plastifikátoru bylo voleno tak, aby konzistence čerstvých cementových malt splňovala stanovený požadavek na rozliv – 175 ± 5 mm. Zkušební tělesa byla ponechána jeden den ve formách a po odformování uložena do vodní lázně na dobu 27 dní.

Tab. 1 Složení jednotlivých cementových malt.

Složka	REF	10 %	20 %	30 %	40 %	60 %
písek (g)	1350	1350	1350	1350	1350	1350
cement (g)	450	405	360	315	270	180
cihelný střep (g)	0	45	90	135	180	270
voda (ml)	281	281	281	281	281	281
plastifikátor (ml)	0	0	0	0,38	0,54	1,58

4 METODIKA ZKOUŠEK

Stanovení pevností v tahu ohybem a v tlaku bylo provedeno podle ČSN EN 196-1 [7] po 28 dnech zrání zkušebních těles. Pro stanovení pevností byl použit hydraulický lis s rozsahem do 200 kN.

U vzorků byla studována rovněž pórová struktura vysokotlakou rtuťovou porozimetrií na přístroji Micromeritic PoreSizer 9310.

Následná karbonatace zkušebních těles byla prováděna za zrychlených podmínek v exsikátoru se zvýšeným obsahem oxidu uhličitého (70 ± 5 obj. % CO_2). Již dříve bylo zjištěno, že

karbonatace postupuje mnohem rychleji při okolní relativní vlhkosti (RH) v rozmezí 70 až 90 % [8], proto byla v exsikátoru přítomností nasyceného roztoku KCl udržována $RH = (84 \pm 5) \%$. Teplota se během průběhu karbonatace pohybovala v rozmezí $22 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Po 2, 3, 4, 6, 7 a 10 týdnech uložení v exsikátoru byla u zkušebních vzorků stanovována dosažená hloubka karbonatace. Po uplynutí daného časového intervalu byla vždy část každého vzorku odrážena a pomocí ethanolického roztoku fenolftaleinu stanovena hloubka karbonatace.

5 VÝSLEDKY EXPERIMENTŮ

5.1 Pevnost

Výsledky stanovení objemové hmotnosti a pevností v tahu ohybem (R_f) a tlaku (R_c) zkušebních těles po 28 dnech zrání jsou shrnuty v tabulce 2.

Z výsledků bylo zjištěno, že malta s 20% náhradou portlandského cementu cihelným střepem má nejvyšší objemovou hmotnost a s přibývajícím množstvím příměsi tato hodnota postupně klesá. Je to způsobeno zejména nižší objemovou hmotností a porozitou cihelného střepu oproti portlandskému cementu.

Nejvyšší hodnota pevnosti v tahu ohybem byla zjištěna u malty s 20 % cihelného střepu. Další zvyšování množství příměsi vedlo k postupnému snižování pevnosti v tahu ohybem. Pevnost v tahu ohybem je u malty s 60 % cihelného střepu o přibližně 35 % nižší než pevnost v tahu ohybem u malty s 20 % cihelného střepu.

Pevnost v tlaku se s rostoucí náhradou portlandského cementu opět snižuje. Malta s 60 % cihelného střepu má poloviční hodnotu pevnosti v tlaku ve srovnání s maltou referenční.

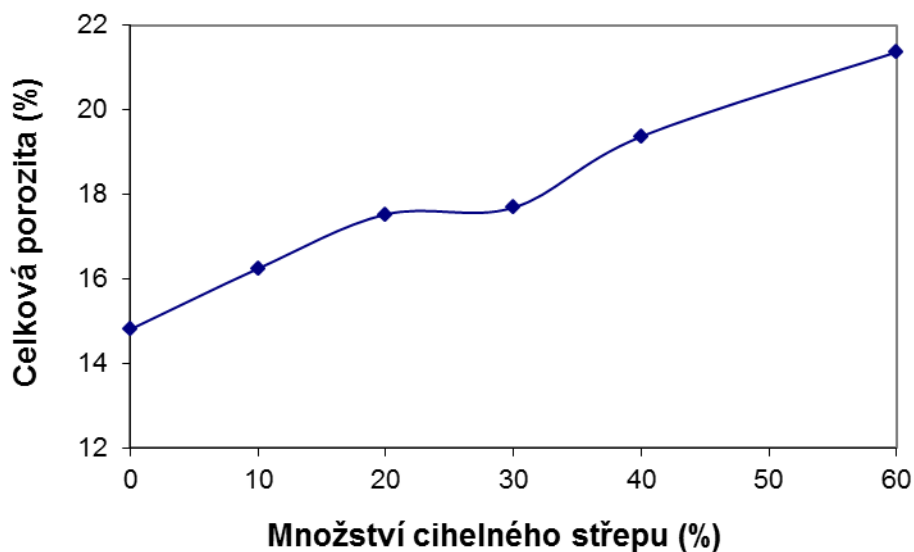
Tab. 2 Výsledky objemové hmotnosti a pevností v tahu ohybem a tlaku.

	Objemová hmotnost (kg/m^3)	R_f (MPa)	R_c (MPa)
REF	2190	9,30	42,05
10 %	2204	9,67	45,22
20 %	2218	10,02	40,99
30 %	2167	9,56	37,05
40 %	2162	7,95	23,84
60 %	2124	6,52	20,88

5.2 Porozita

Z výsledků porozimetrie vyplývá, že všechny malty mají pórovou strukturu s podobným rozložením velikostí i množství průměru pórů a liší se především celkovým objemem pórů. Všechny cementové malty mají nejvíce pórů s průměrem menším než $0,1 \text{ }\mu\text{m}$. Celkový objem pórů (tzn. i celková porozita) pak roste s rostoucím množstvím cihelného střepu v maltách – viz obr. 1. Největší celková porozita je tedy u malt s 60 % cihelného střepu, přičemž

referenční malta má hodnotu celkové porozity asi o 30 % nižší. Z uvedeného vyplývá, že cihelný střepek slouží částečně i jako porézní plnivo a zvyšuje tak porozitu cementové malty.



Obr. 1 Závislost celkové porozity cementové malty na množství cihelného střepu.

5.3 Karbonatace

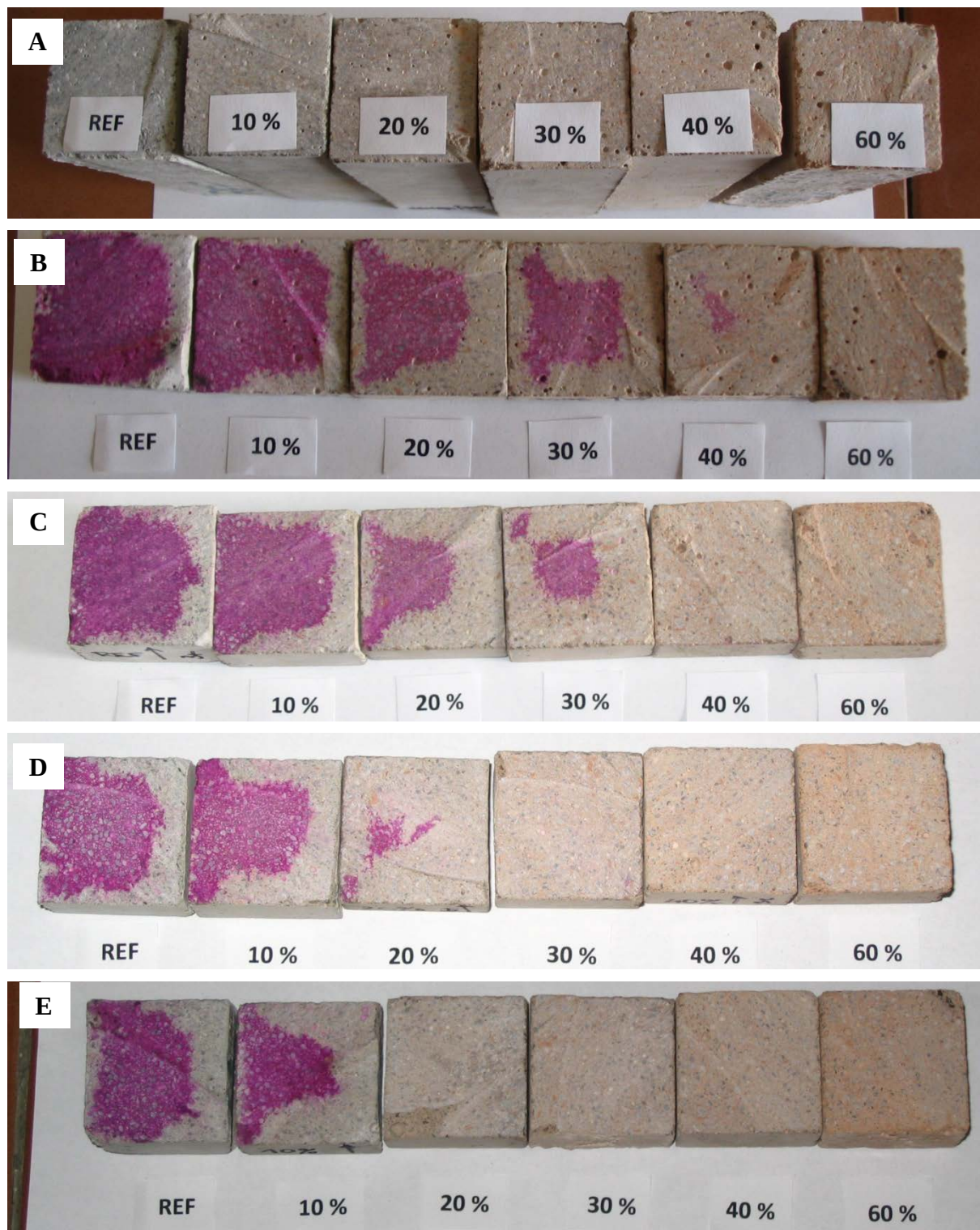
Zjištěné hloubky karbonatace jsou shrnuty v tabulce 3. Vzhled jednotlivých zkušebních vzorků a následné stanovení hloubky karbonatace je znázorněno na obrázku 2.

Tab. 3 Stanovené hloubky karbonatace.

	Hloubka karbonatace (mm)					
	2 týdny	3 týdny	4 týdny	6 týdnů	7 týdnů	10 týdnů
REF	1	3	4	5	4	5
10 %	3	4	6	7	8	9
20 %	7	9	13	15	> 20	> 20
30 %	9	12	16	> 20	> 20	> 20
40 %	15	> 20	> 20	> 20	> 20	> 20
60 %	> 20	> 20	> 20	> 20	> 20	> 20

Z výsledků vyplývá, že s rostoucím množstvím cihelného střepu roste i hloubka karbonatace. To je v souladu s výsledky studia pórové struktury (viz obr. 1) a potvrzuje to skutečnost, že postup karbonatace je velmi ovlivněn pórovou strukturou použité cementové malty. Nejnižší celkový objem pórů byl stanoven u referenční malty, z čehož vyplývá, že propustnost cementové malty pro CO₂ je u tohoto vzorku nejnižší, a tudíž i stanovená hloubka karbonatace je u tohoto vzorku nejnižší (karbonatace probíhá nejpomaleji). Naopak u vzorku

s obsahem 60 % cihelného střepu byl stanoven nejvyšší celkový objem pórů a karbonatace zde probíhá nejrychleji.



Obr. 2 Vzhled jednotlivých zkušebních vzorků (A) a následné stanovení hloubky karbonatace po 2 týdnech (B), 3 týdnech (C), 6 týdnech (D) a 10 týdnech (E) uložení v exsikátoru se zvýšeným obsahem CO_2 .

U cementových malt s rostoucím obsahem cihelného střepu dochází k rychlejšímu postupu karbonatace rovněž z důvodu nižšího obsahu OH^- iontů. Použitý cihelný střep je pucolánově aktivní látka, která v přítomnosti vody reaguje s hydroxidem vápenatým za vzniku produktů s pojivými vlastnostmi. Snížení množství portlandského cementu vede ke vzniku menšího množství hydroxidu vápenatého během hydratace cementu a současně zvýšení množství cihelného střepu pak k jeho vyšší spotřebě. To se projeví rychlejším snížením koncentrace hydroxidových iontů, což bylo identifikováno fenolftaleinovou zkouškou a dokumentováno na obrázku 2.

6 DISKUSE A ZÁVĚR

Studiem vlastností jemnozrnného betonu v závislosti na množství náhrady cementu bylo zjištěno, že příměs 10 % cihelného střepu zvýší pevnost v tlaku o 7,5 % oproti referenčnímu vzorku, náhrada 20 % cementu sníží pevnost o 2,5 %, náhrada 30 % o 11,9 %, náhrada 40 % o 43,3 % a náhrada 60 % o 50,3 %. Z uvedených výsledků vyplývá, že vesměs jsou pevnosti v tlaku vyšší, než by odpovídalo množství nahrazeného cementu, tedy, že se cihelný střep podílí na dosažených pevnostech. Pevnost v tahu ohybem je při náhradě 10 až 30 % přibližně rovna pevnosti referenčního vzorku, při náhradě 60 % cementu se snížila pevnost pouze o 29 %. Ze zkušenosti s pucolánově reagujícími látkami lze předpokládat, i vzhledem k velikosti částic střepu, že se pevnosti v čase budou dále zvyšovat.

Porozita jemnozrnného betonu stoupá lineárně s rostoucí náhradou cementu cihelným střepem, což není překvapující, protože cihelný střep není slinutý, ale naopak byla při jeho výrobě použita lehčiva ve formě papírenských kalů. Malou odchylku u 30% náhrady cementu lze přičíst chybě stanovení.

Hloubka karbonatace v čase koresponduje s množstvím přidané příměsi a tomu odpovídajícímu množství cementu. Menšímu množství cementu odpovídá nižší množství hydratací vzniklého hydroxidu vápenatého, jehož koncentrace se snižuje větší měrou v důsledku vyššího množství reaktivního cihelného střepu. Uvedené hodnoty hloubky karbonatace reflektují průběh procesu a lze je porovnávat vzájemně mezi jednotlivými druhy zkušebních těles o různém složení. Je nutno vzít v úvahu, že karbonatace byla provedena zrychlenou zkouškou se zvýšenou koncentrací CO_2 (70 ± 5 obj. %), což představuje více než $1842\times$ vyšší hodnotu ve srovnání s běžnou koncentrací CO_2 ve vzduchu (0,038 obj. %). Při přirozeném průběhu karbonatace v běžné atmosféře by průběh karbonatace dospěl do stejného stádia za roky až desítky let.

Závěrem lze konstatovat, jak ukázaly výsledky stanovení, že náhrada 10 % cementu cihelným střepem s částicemi pod $300\text{ }\mu\text{m}$ (d_{90}) vede ke zlepšení mechanických vlastností a snížení zatížení konečného výrobku emisemi oxidu uhličitého. Hloubka karbonatace zrychlenou zkouškou je vyšší o 80 % než u referenčního vzorku a je v souladu se zvýšenou porozitou vzorků s obsahem cihelného střepu.

Poděkování

Príspevek vznikl za podpory grantu GA ČR P104/10/0355 a částečně projektu specifického výzkumu FAST-S-11-23/1217.

Použitá literatura

1. PALOU, M. T. Nízkoenergetické anorganické spojivá v sústave $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{-SO}_3\text{-(H}_2\text{O)}$. Vědecké spisy VUT v Brně, edice Habilitační a inaugurační spisy, sv. 427, 2012. 36 s. ISSN 1213-418X. ISBN 978-80-214-4542-0.
2. ČSN EN 197-1 *Cement – Část 1: Složení, specifikace a kritéria shody cementů pro obecné použití*. 2012.
3. SIDDIQUE, R., KLAUS, J. Influence of metakaolin on the properties of mortar and concrete: A review. *Applied Clay Science*, Vol. 43, No. 3-4, 2009, 392-400.
4. GONÇALVES, J. P. et al. Performance evaluation of cement mortars modified with metakaolin or ground brick. *Construction and Building Materials*, Vol. 23, 2009, 1971-1979.
5. ROVNANÍKOVÁ, P. TEPLÝ, B. Obsah hydroxidu vápenatého v betonech se silikátovými příměsmi – důležitý faktor při posuzování životnosti betonových konstrukcí. *Beton TKS*, 2, 2009, 68-72.
6. STEFFENS, A., DINKLER, D., AHRENS, H. Modeling carbonation for corrosion risk prediction of concrete structures. *Cement and Concrete Research*, Vol. 32, 2002, 935-941.
7. ČSN EN 196-1 (722100) *Metody zkoušení cementu - Část 1: Stanovení pevnosti*. 2005.
8. CHROMÁ, M. Vliv relativní vlhkosti na průběh karbonatace betonu, *ChemZi*, 57. zjazd chemických společností, Tatranské Matliare: Slovenská chemická spoločnosť, 2005, 173-174.

Kontaktní údaje

RNDr. Markéta Chromá, Ph. D.

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební

Žižkova 17, 602 00 Brno

Tel: 541 147 639

email: chroma.m@fce.vutbr.cz

prof. RNDr. Pavla Rovnaníková, CSc.

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební

Žižkova 17, 602 00 Brno

Tel: 541 147 633

email: rovnanikova.p@fce.vutbr.cz

Ing. Patrik Bayer, Ph. D.

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební

Žižkova 17, 602 00 Brno

Tel: 541 147 641

email: bayer.p@fce.vutbr.cz

VÝROBA A VYBRANÉ VLASTNOSTI KOMPOZITNÍ TEPELNÉ IZOLACE

PRODUCTION AND SPECIFIC PROPERTIES OF COMPOSITE THERMAL INSULATION

Michal Vacek, Darina Dostálová, Libor Matějka, Jan Pěňčík

Abstrakt

Kompozitní Iso blok je vyroben v kombinaci odpadového polymerního materiálu a odpadního pěnoscila. Použití zmíněných materiálů je možné ve stavebních detailech jak pasivních tak nízkoenergetických domů.

Klíčová slova: *recyklace materiálů, trvale udržitelná výstavba, kompozitní polymery, mrazuvzdornost*

Abstract

Iso composite block is made of a combination of polymeric material waste. Use of these materials can be used in the construction details as passive and low-energy houses.

Key words: *recycling of materials, sustainable construction, composite polymers*

1 KOMPOZITNÍ TERMOPOLYMER

1.1 Současný stav a budoucnost recyklátů

V současnosti je kladen stále větší důraz na efektivní využívání energie, obnovitelných zdrojů surovin a recyklaci syntetických materiálů. Recyklace materiálů je jednou z cest jak množství odpadu snížit. Velkou skupinu odpadních hmot tvoří termopolymery.

1.2 Kompozit jako tepelný izolant

Použití termopolymerů a jejich recyklátů je výhodné zejména pro jejich dobré tepelné technické i mechanické vlastnosti. Termopolymery jsou pro recyklaci ideální zejména pro jejich stále vlastnosti při přechodu z jednoho skupenství do druhého a pro jejich polaritu, která se blíží nule. Nepolarita u organických sloučenin znamená odolnost vůči polárním rozpštědlům jako jsou kyseliny, zásady, také z toho vyplývající dobré tepelné izolační vlastnosti. Polypropylen a polyethylen ve formě HDPE se vyznačují dobrými mechanickými vlastnostmi, jsou proto ideální jako prvky vhodné do konstrukčních detailů pro přerušení tepelného mostu.

1.3 Design kompozitního Iso bloku

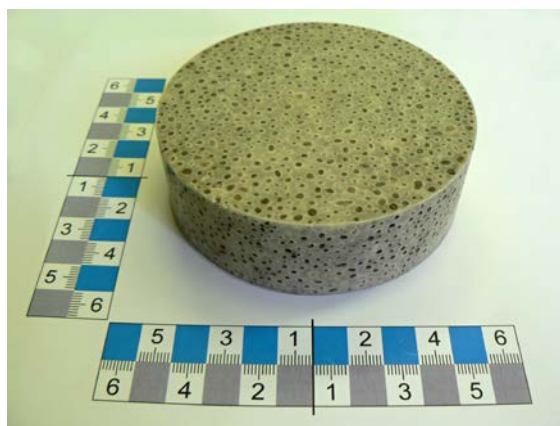
Kompozitní Iso blok se skládá ze dvou materiálových složek. Matrici tvoří termoplastický polymer. Jako pojivo jsme použili granulovaný polypropylen se součinitelem tepelné vodivosti $\lambda=0,22 \text{ W/K.m}^2$. Plnivo jsme pak zvolili odpadní pěnové sklo s tepelně izolační funkcí, s výborným součinitelem tepelné vodivosti $\lambda=0,068 \text{ W/K.m}^2$.

Jednotlivé vzorky jsou tvořeny střídajícím se vrstvením matrice a pojiva. Za tepla jsou všechny složky spojeny a lisovány do homogenního kruhového vzorku o průměru 10 cm a

výšce 2cm. Na obrázcích 1-0. A 1-1. je možno vidět ilustrační fotografie z výroby kompozitních vzorků a hotový vzorek, který vzhledem a rozměry odpovídá vzorkům vybraným pro trvanlivostní zkoušku mrazuvzdornosti.



1-0 Foto z výroby kompozitního vzorku



1-1 Hotový kompozitní vzorek

2 MRAZUVZDORNOST KOMPOZITNÍHO ISO BLOKU

2.1 Mrazuvzdornost

Mrazuvzdornost je vlastnost materiálu, která vyjadřuje jeho životnost během teplotních cyklů po dobu jeho působení ve stavební konstrukci. Je to schopnost materiálu nasyceného vodou odolávat účinkům střídavého zmrazování a rozmrazování. Mrazuvzdornost znamená také objemovou stálost materiálu úzce související s nasákavostí materiálu. Čím je nasákavost materiálu menší, tím se zvyšuje jeho mrazuvzdornost.

2.2 Průběh zkoušky mrazuvzdornosti

Při zkoušce mrazuvzdornosti materiálu jsou tělesa střídavě zmrazována a rozmrazována, přitom jsou vystavena teplotám od 20 do -15°C. Při každém zahřátí, nebo ochlazení vnitřního prostředí je materiál smáčen proudem vody. Jednotlivé faktory vstupující do zkoušky jsou kombinovány tak, aby se jejich účinky mohly projevit jako v reálném venkovním prostředí. Sledování objemových změn v průběhu cyklů má z hlediska technicko-užitných vlastností zásadní význam.

2.3 Operativa trvanlivostní zkoušky

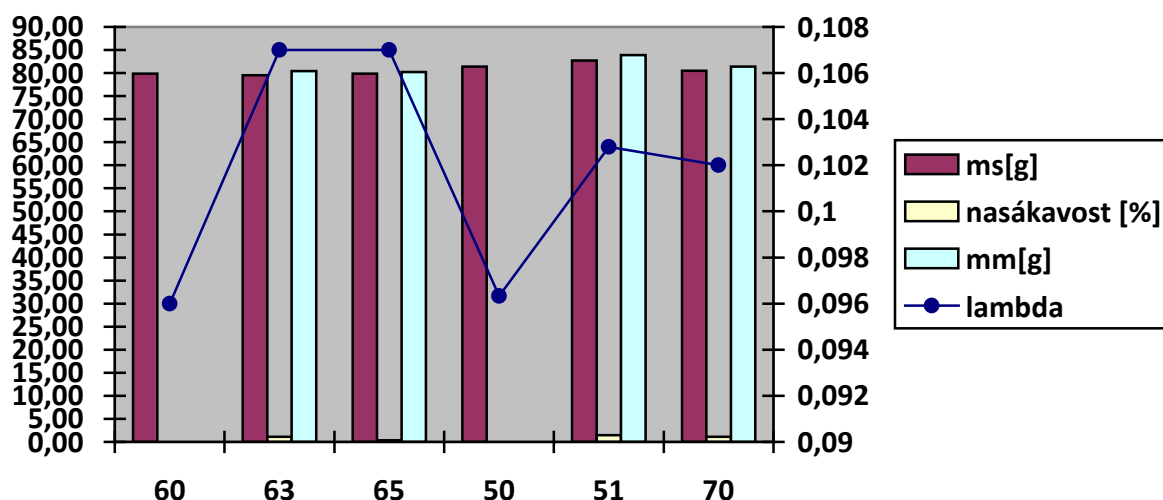
Pro samotnou zkoušku mrazuvzdornosti byly vybrány dvě skupiny vzorků kompozitního iso bloku po třech stejných sadách, všechny kusy byly zkontrolovány a shledány bez vad nebo viditelných porušení. Čtyři zkušební tělesa byly zváženy za suchého stavu a dvě z každé skupiny byly namočený po dobu 24 hodin do vody a zváženy znovu. U zkušebních těles se před nasycením vodou a zmrazováním byly zjištěny jejich rozměry a váhy a byla vypočítána jejich objemová hmotnost podle ČSN 73 1315.

Hmotnosti vzorků s vyjádřením jejich nasákavosti jsou uvedeny v tabulce. Čtyři vzorky (dva z každé skupiny) byly vyjmuty z lázně a umístěny do mrazicího boxu. Počet zmrazovacích cyklů jsme stanovili s ohledem na počet zkušebních vzorků, tedy dvacet pět. Zmrazování a

rozmrazování zkušebních těles se koná ve zmrazovacích cyklech, při kterých musí být teplota mrazícího prostředí v rozmezí -15°C až do -20°C. Vzorek byl během procesu 25 krát smáčen proudem vody, byl ohřát na 20°C a znovu zmražen na -15°C. Během zmrazovacích cyklů se provádí mezilehlá kontrola jakosti.

Vzorek číslo	Hmotnost [g]		Násákavost [%]	Objemová hmotnost [kg/m ³]	λ
	Suchý stav	Po namočení			
Ref. 60	79,9	79,9	0,000	467,86	0,096
63	79,5	80,4	1,132	458,94	0,107
65	79,9	80,2	0,375	482,58	0,107
Ref. 50	81,4	81,4	0,000	478,58	0,097
51	82,7	83,9	1,451	478,63	0,103
70	80,5	81,4	1,118	480,86	0,102

Tab. Změřené hodnoty vybraných vlastností použitých kompozitních vzorků k trvanlivostní zkoušce.



Graf - Změřené hodnoty vybraných vlastností použitých kompozitních vzorků k trvanlivostní zkoušce.

Zkouška mrazuvzdornosti dle normy ČSN je poměrně časově náročná. Jeden zmrazovací cyklus se skládá ze 4 hodin zmrazování a dvou hodin rozmrazování. Při zmrazování se zkušební tělesa ukládají do prostoru, který musí mít předem požadovanou teplotu, a aby zkušební tělesa vyplňovala nanejvýše třetinu jeho objemu. Při rozmrazování se pak zkušební tělesa vyjmou ze zmrazovacího prostoru a ukládají do vody o teplotě +20°C. V mimopracovní době jsou zkušební tělesa uložena v mrazícím prostoru nastaveného na požadovanou teplotu. Zkušební vzorky se před prvním vložením do mrazícího prostoru vyjmou z vody, povrchově osuší a zváží. Následně se podrobí požadovanému počtu zmrazovacích cyklů po jednotlivých etapách, např. dvacet pět.

Po dokončení požadovaného počtu zmrazovacích cyklů a vyjmutí vzorků ze zmrazovací komory je provedeno vizuální posouzení trvanlivosti a trhlin na povrchu vzorku. U vzorků předepsaných rozměrů se zkouší pevnost v tlaku a tahu za ohybu. Vzhledem k malé výšce

zkoušených kompozitních vzorků, tato zkouška pevnosti provedena nebude, nebo provedena bude a následně naměřené hodnoty přepočítány k poměru výšky vzorku.

3 ZÁVĚR

Z grafu jasně vyplývá, že vzorky kompozitních iso bloků, které byly vystaveny při zkoušce mrazuvzdornosti v jednotlivých cyklech zmrazování, rozmrazování a smáčení proudem vody, se při vlivu vlhkosti značně zvyšuje součinitel tepelné vodivosti λ . Nasákavost negativně působí nejen na tepelněizolační vlastnosti, ale ovlivňuje i objemovou hmotnost, mrazuvzdornost a pevnost materiálu. Případné otevřené póry umožňují vodě proniknout do struktury materiálu a tím způsobit zvýšení její vlhkosti, což má za následek zvýšení tepelné vodivosti.

Použitá literatura

1. ČSN 73 1322 (731322) - Stanovení mrazuvzdornosti betonu
2. ČSN 73 1315 (731315) - Stanovení objemové hmotnosti, hustoty, hutnosti a pórovitosti betonu

Kontaktní údaje

Ing. Michal Vacek
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební
Veveří 331/95
602 00 Brno
Tel: 5 4114 8111
email: vacek.m@fce.vutbr.cz

Ing. Darina Dostálová
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební
Veveří 331/95
602 00 Brno
Tel: 5 4114 8111
email: DostalovaD@study.fce.vutbr.cz

Ing. Libor Matějka, Ph.D., CSc., MBA
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební
Veveří 331/95, 602 00 Brno
Tel: 541147416
email: matejka.l@fce.vutbr.cz

Ing. Pěničik Jan, Ph.D.
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební
Veveří 331/95, 602 00 Brno
Tel: 420 541147433
email: pencik.j@fce.vutbr.cz

VÝROBA IZOLAČNÍHO MATERIÁLU Z DRUHOTNÝCH SUROVIN A JEHO ZMĚNY TEPELNÝCH VLASTNOSTÍ VLIVEM TEPLoty

PRODUCTION OF INSULATION MATERIAL MADE OF SECONDARY RAW MATERIALS AND CHANGES OF ITS THERMAL PROPERTIES CAUSED BY TEMPERATURE CHANGES

Alena Kalužová, Jan Pěňčík, Libor Matějka

Abstrakt

V příspěvku se pojednává o vývoji izolačního materiálu, jenž je tvořen výhradně z druhotných surovin. Realizovaný výrobek je šetrný k vnějšímu okolí, poněvadž dochází k úbytku odpadních materiálů na skládkách a ke snižování spotřeby přírodních zdrojů. Základní složku při výrobě izolačního materiálu tvoří odpadní polymery, které podléhají chemickým změnám velmi pomalu. Přidáním granulátu z odpadního skla do polymerní výplně vzniká částicový kompozit. Uspořádání jednotlivých vrstev a hmotnostní poměr pojiva a plniva ovlivňuje hodnotu součinitele tepelné vodivosti izolačního materiálu. Tato hodnota je však závislá také na působení vnějšího prostředí. Měření je zaměřeno na vliv teploty na hodnotu součinitele tepelné vodivosti.

Klíčová slova: *izolační materiál, druhotné suroviny, odpadní polymery, odpadní sklo, součinitel tepelné vodivosti, teplota*

Abstract

The paper deals with the development of insulating material, which is produced solely by processing of secondary raw materials. Finished product is environment-friendly, because production leads to reduction of waste materials in landfills and also reduces exploitation of natural resources. The basic component in the manufacture of this insulating material is waste polymers granulate which is very resistant to chemical changes. Polymers act the filler and are complemented by granulate from waste glass. The arrangement of the individual layers and the weight ratio of binder and filler affects the thermal conductivity of the insulating material. This value is, however, also dependant on the effect of the external environment. Measurement is focused on the influence of temperature on the coefficient of thermal conductivity.

Key words: *insulating material, secondary raw materials, waste polymers, waste glass, thermal conductivity, temperature*

1 ÚVOD

Vývoj normových požadavků na součinitel tepelné vodivosti vede k jejich neustálému zpříšňování. Z důvodu těchto požadavků je třeba hledat nová konstrukční řešení budov a podporovat vývoj nových materiálů s dobrými tepelně technickými parametry. Izolační materiál z druhotných surovin je jedním z řešení dané problematiky. Použitím jednotlivých složek z druhotných surovin je podporován vývoj environmentálního stavebnictví. Recyklací dochází k minimalizaci skládkování dlouho se rozkládajících odpadů a k prodloužení životnosti výrobku. Hodnota součinitele tepelné vodivosti však není stálá. Vlivem teploty dochází ke změnám tepelných vlastností materiálu.

2 VÝROBA KOMPOZITNÍHO MATERIÁLU

Úmyslem bylo vytvořit tepelně izolační materiál, kde funkci plniva budou tvořit odpadní termoplastické polymery. Tyto polymery dosahují za vysokých teplot tekutého skupenství, které umožňuje přidavek plniva pro zlepšení jeho tepelně technických a mechanických vlastností. Jako plnivo byl použit granulát z nadouvaného odpadního skla. Jednotlivé vrstvy pojiva a plniva byly vrstveny do ocelové formy [1] průměru $d=100\text{mm}$ a následně taveny v elektrické peci při teplotách tání polymerní výplně. (Obr. 1) Po vychladnutí směsi vzniká materiál částicový kompozit s rovnoměrným rozptýlením skleněného granulátu v polymerní výplni. Součinitel tepelné vodivosti získaného kompozitního materiálu [2] je ovlivňován hmotností a způsobem vrstvení jednotlivých složek.



Obr. 1 Výroba vzorku kompozitního materiálu v elektrické peci

3 VLIV TEPLoty NA SOUČINITEL TEPELNÉ VODIVOSTI

Na vybraných vzorcích průměru 100 mm byly v laboratorních podmínkách při teplotě 21°C a 0°C měřeny hodnoty součinitele tepelné vodivosti. Tyto hodnoty byly získány pomocí přístroje Isomet 2114 s použitím příložené sondy s rozmezím $0,04\text{--}0,30\text{ W/m.K}$ (Obr. 2).



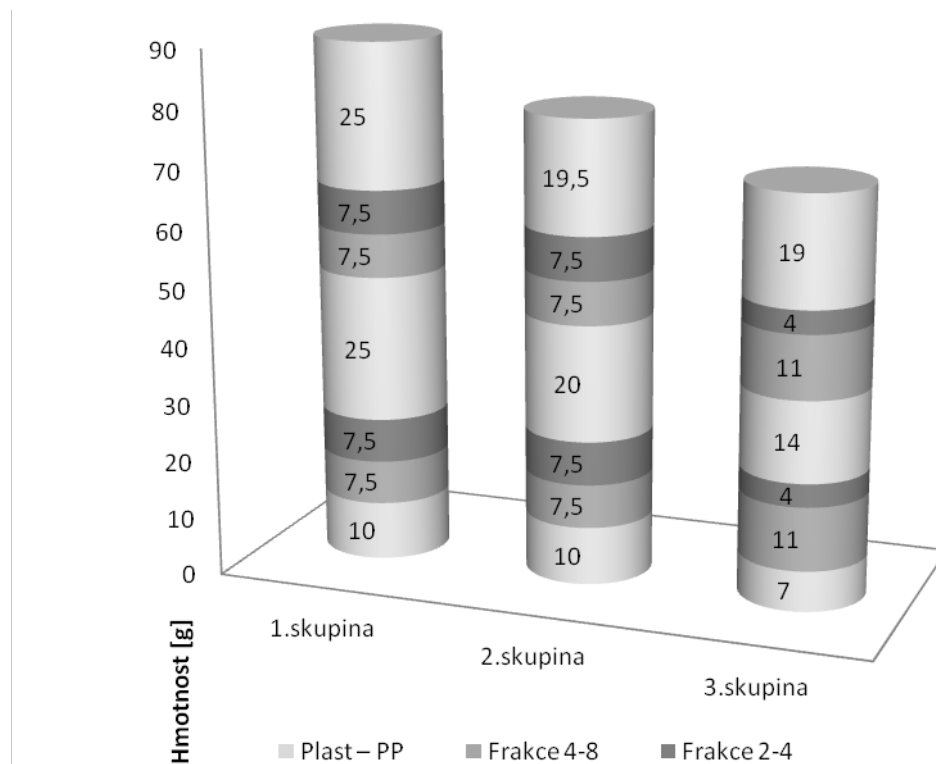
Obr. 2 a) Příločná sonda s rozmezím $0,04\text{--}0,30\text{ W/m.K}$, b) Isomet 2114

... shodné hmotnosti těchto vrstev. Pro výrobu daných vzorků byl použit totožný výrobní proces – byly vystaveny teplotě 300°C po dobu 2 hodin. Po vychladnutí vzorků na pokojovou teplotu 21°C na nich byla

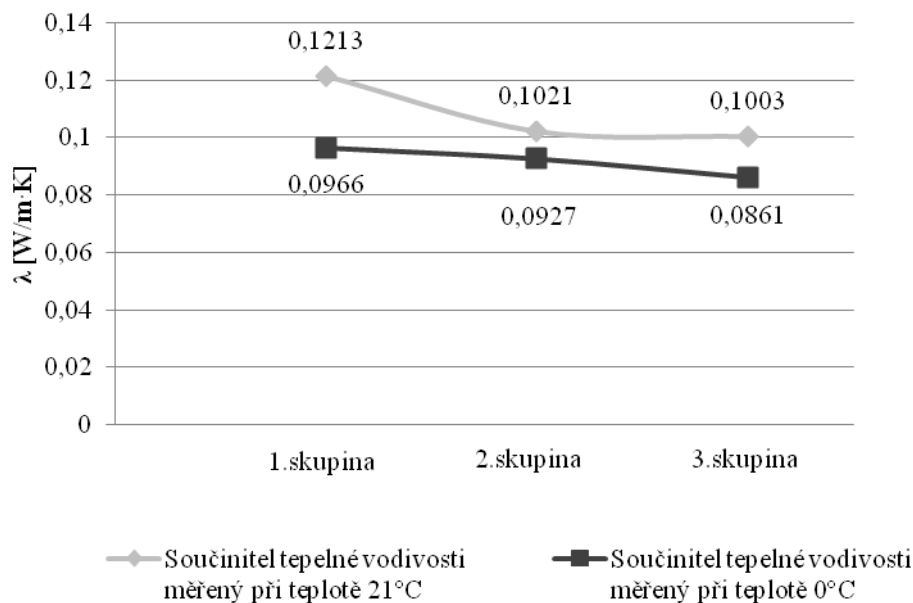
změřena hodnota součinitele tepelné vodivosti. Každé měření součinitele tepelné vodivosti bylo provedeno šestkrát, výsledky byly stanoveny aritmetickým průměrem všech měření vzorků v jednotlivých skupinách. Stejný postup byl opakován pro vzorky vystavené 24 hodin teplotě okolí 0°C. Výsledky byly tabulkově zpracovány (Tab. 1) a následně graficky znázorněny (Obr. 3, Obr. 4).

Skupina č.		1.sk	2.sk	3.sk
Hmotnost [g]	Plast – PP	10	10	7
	Frakce 4-8	7,5	7,5	11
	Frakce 2-4	7,5	7,5	4
	Plast – PP	25	20	14
	Frakce 4-8	7,5	7,5	11
	Frakce 2-4	7,5	7,5	4
	Plast – PP	25	19,5	19
	Ø λ [W/mK]	0,1213	0,1021	0,1003
Ø λ [W/mK]		0,0966	0,0927	0,0861

Tab. 1 Stanovení součinitele tepelné vodivosti na vybraných vzorcích při působení různých teplot prostředí



Obr. 3 Hmotnostní znázornění jednotlivých složek ve vybraných vzorcích



Obr. 4 Srovnání součinitele tepelné vodivosti jednotlivých skupin při působení různých teplot prostředí

4 ZÁVĚR

Recyklace a zpracování druhotných surovin jsou jedním z hlavních témat trvale udržitelného rozvoje. Využitím těchto materiálů dochází nejen ke snižování spotřeby přírodních zdrojů, ale také k omezení skládkování. Pojivo kompozitního izolačního materiálu je tvořeno odpadními polymery, které patří mezi dlouhodobě rozkladatelný materiál. Jelikož je plnivo z odpadních skleněných granulí, pak je zhotovený izolační materiál produkován výhradně z druhotných surovin.

Hodnota součinitele tepelné vodivosti hraje důležitou úlohu při návrhu materiálového řešení objektu a vybraných konstrukčních detailů. Hodnotu součinitele tepelné vodivosti ovlivňuje však mnoho faktorů, hlavním z nich u nenasákavých materiálů je vliv teploty na daný materiál. Měřením bylo prokázáno snižování hodnoty součinitele tepelné vodivosti kompozitního materiálu v závislosti na klesající teplotě. Tato vlastnost je prospěšná především v zimním období, kdy dochází k nejčastějšímu výskytu tepelných mostů v objektech. Je tak zabráněno šíření vlhkosti a vzniku plísní a tím k vytvoření zdravého klimatu pro bydlení.

5 PODĚKOVÁNÍ

Prezentované výsledky byly získány za podpory výzkumného záměru FAST-J-12-1799/1799 a FAST-S-12-20/1650.

Použitá literatura

1. MATĚJKA, L.; PĚNČÍK, J.; KUČERA, J.; Vysoké učení technické v Brně: *Lisovací forma k výrobě kompozitních izolačních desek pro izolační blok*. 21554, užitný vzor. Praha (2010)
2. MATĚJKA, L.; PĚNČÍK, J.; VUT v Brně: *Tepelně izolační kompozitní plast*. 20388, užitný vzor. Praha (2009)

Kontaktní údaje

Ing. Kalužová Alena

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební

Veveří 331/95, 602 00 Brno

Tel: 541 14

email: kaluzova.a@fce.vutbr.cz

Ing. Pěňčík Jan, Ph.D.

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební

Veveří 331/95, 602 00 Brno

Tel: 541147433

email: pencik.j@fce.vutbr.cz

Ing. Libor Matějka, Ph.D., CSc., MBA

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební

Veveří 331/95, 602 00 Brno

Tel: 541147416

email: matejka.l@fce.vutbr.cz

UŻYCIE SYSTEMÓW FRP DO ZWIĘKSZENIA WYTRZYMAŁOŚCI ELEMENTÓW ŻELBETOWYCH

FRP REINFORCEMENT AS A MEAN TO INCREASE CARRYING CAPACITY OF RC CONSTRUCTIONS

Damian Sokołowski

Streszczenie

W pracy przedstawiono najnowocześniejsze osiągnięcia w materii zwiększenia wytrzymałości elementów żelbetowych za pomocą włókien polimerowych FRP (Fiber Reinforced Polymer) oraz zademonstrowano wyniki cząstkowe bieżących badań nad taśmami węglowymi CFRP wykonywanych na Politechnice Łódzkiej. Referat ma na celu przybliżenie typów i podziałów systemów FRP, wyjaśnienie powodów ich użycia, a także przedstawienie obszarów badań wymagających głębszego studium.

Słowa kluczowe: *taśmy FRP, belki żelbetowe, sprężanie, wzmacnianie*

Abstract

The paper presents state-of-the-art in the field of fibre reinforced polymer (FRP) in strengthening of concrete and demonstrates outcomes of ongoing research carried out in Technical University of Łódź (TUL). It clarifies the reasons for usage of CFRP reinforcement, discuss prospects of this type of strengtning of RC constructions and explores the types and divisions of versatile FRP reinforcement of RC constructions.

Key words: *FRP tapes, reinforced concrete beams, tension, strengthening*

1 INTRODUCTION

One of major foci of EU in recent years is safety and stability of construction work and transport infrastructure. Among the other methods improving those factors, fiber reinforced polymer (FRP) reinforcement in reinforced concrete (RC) constructions is becoming a subject of increasingly high interest of reaserchers. It enables a strengthening of RC structures (namely beams [1], columns [2] and slabs [3],[4]) under dead as well as composure of dead and external loads. Not widely used in prefabricated structures, it proves to be revolutionary for existing RC constructions, effecting in strengthening ratio in a range of 1.73 to 2.19 of the non-strengthened beam's ultimate load [5]. Its application invokes neglectable increase of size in the load baering element and facilitates strengthening of RC structures without disturbtion of current functions of the space in direct neighbourhood of RC element, which effect in reduction of time and expense of retrofitting.

2 TYPES OF FRP CONSTRUCTIONS

2.1 Types of fibers in FRP reinforcement

Notion of fiber reinforced polymer stands for a composite material made at least of two components: a polymer matrix, which constitutes a binder securing cohesion, hardness, elascity and resistance for compression, being reinforced with fibres determining majority of

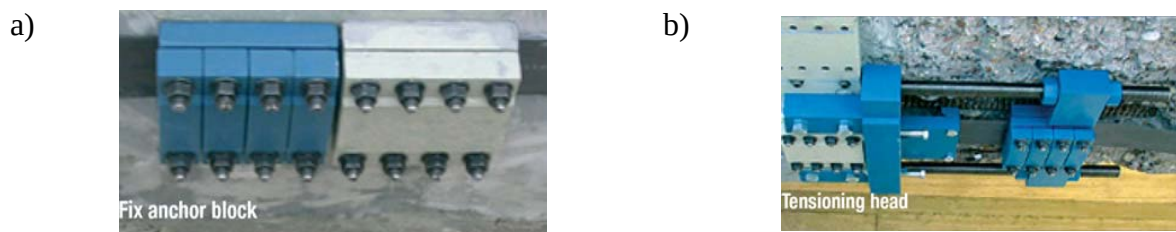
other composite properties. Durability characteristic of composite materials is ideally elastic in the full stress spectrum and conditioned by Young Modulus of the polymer components. Primary advantages of FRP are high tensile strength, resistance to corrosion, fatigue and base environment [9], as well as small specific weight, while major disadvantage is anisotropic behaviour and cost. Type of fibers used in FRP facilitates a major classification criterion of FRP materials. The most popular ones are carbon fibers (CFRP) due to their superior tensile strength (Table 1.), availability and resistance to high temperatures as well as aggressive environmental factors. The only downside is their highly anisotropic nature. Other materials used in FRP reinforcement are: glass (GFRP), aramid (AFRP) and basalt (BFRP) fibers. Most commonly used adhesives range from polyester, epoxy up to silicate resins whose sole drawback is transition temperature $\sim 110^{\circ}\text{C}$, which makes FRP susceptible to premature failure in fire conditions. FRP reinforcements of RC elements are available in two major forms: stiff tape and flexible mat. Former ones are used mainly in flexure and shear FRP reinforcements of beams and slabs [1,3,6], while latter in columns [2].

Type of fiber	Young Modulus E	Tensile strength ftf	Ultimate strain Ef	Thermal expansion coefficient α	Density q
	[GPa]	[Mpa]	[%]	$[10^{-6}C^{-1}]$	$[g/cm^3]$
Glass type S	85-90	3500-4800	4,5-5,5	1,6-2,9	2,46-2,49
Glass type E	70-80	1900-3500	3,0-4,5	5-5,4	2,5-2,6
Carbon with high modulus	350-760	2400-3400	0,5-0,9	-1,45	1,85-1,9
High strength carbon	215-280	3500-5100	1,4-2,00	-0,6 - -0,9	1,75
Aramid	62-180	3500-4000	1,9-5,5	-2	1,44-1,47
Basalt	79-87	2190-2400	3,1-3,3	-1,5	2,65-2,67
Polymeric matrix	2,7-3,6	40-82	1,4-5,2	30-54	1,10-1,25
Steel reinforcement	206	350-600	20-30	10,4	7,8

Table 1. Comparison of properties used in various types of fibres used in FRP systems with steel reinforcement [8]

2.2 State of FRP installation

Considering state (strain) of the mounted tape, two major types of FRP reinforcement could be distinguished: passive and active. First studies concerned unstressed passive systems (Pict 1 a)), although a minor usage of the ultimate stress (U_s) of CFRP tape in RC structures (in average 35% of U_s [7]) coerced researchers to employ an active FRP systems (where FRP tapes are tensed), which enabled a better usage of FRP tape tensile strength. Phot. 1 depicts one of the types of passive and active systems.



Phot. 1 LEOBA anchorage system [6], a) passive system b) active system

2.3 Place of application

There exists three major types of FRP placement:

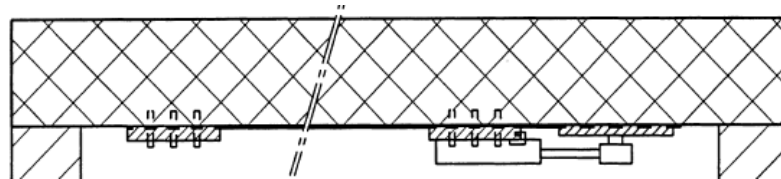
- Externally bonded (EB), where a composite is adhered to the external surface of RC element (Phot. 1) used mainly in flexure RFP reinforcement
- Near surface mounted (NSM) - the composite is pasted into a concrete lagging, popular in shear FRP reinforcement
- Mechanically anchored (MA), where the composite is mounted to the surface with use of anchor or both, pin and adhesive

2.4 Types of anchor

Anchor system clearly is a base for a good FRP reinforcement, the reason of which is the fact, that majority of properly positioned CFRP reinforced RC elements fail due to FRP debonding. This phenomenon is induced by tangent force acting between the surface of adhesive, FRP tape and RC [10] and is problematic to omit, which is conditioned by the difference of Young Modulus and thermal expansion coeff. of RC and FRP. This stands for the reason of the diversity of anchor systems.

First of those – LEOBA [6] (Pict 1) made of steel anchoring head and anchor block enables passive and active bonding of FRP tape with ultimate strain of 9.5‰ and tensile strength of 200kN.

Second system – S&P made of anchor block and tensioning system permits adhering of tape under the anchor block with ultimate strain of 6‰.



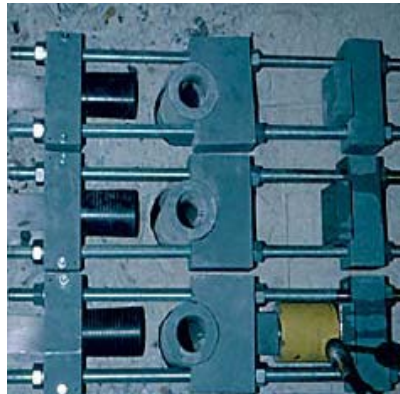
Phot. 2 S&P anchor system [11]

The next system made by Sika Poland company in cooperation with M. Łagoda requires alcoves in RC construction enabling instalation of both anchoring jaws and resistance block. After completion of montage jaws and block is not unmounted from the surface of the element.



Phot. 3 S&P anchor system [12]

The last conventional system is Stress-Head anchor [13], in which both ends of tape are sunk into a CF heads. They facilitate high resistance to corrosion but its application is limited by the depth of anchoring block sank into an RC element.

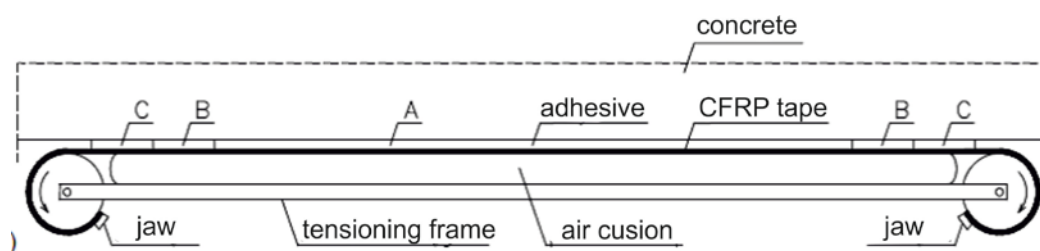


Phot. 4 Stress-Head anchor system [13]

The most innovative anchoring system is Gradually Anchored CFRP strip invented in EMPA laboratory in Zurich [14], which eliminates hazard of debonding the ends of a FRP tape by gradual reduction of stress in tape in the direction of its ends (Phot. 5). This eliminates necessity of anchoring of the tape.

The installation of GA CFRP system is installed in following steps:

Firstly segment A is tensioned with the maximum stress and adhered to RC surface in increased temperature ($\sim 25^{\circ}\text{C}$), which shortens bonding process from 3 days up to 2 hours, upon completion of which the stress in tape is reduced and next segment (B) - adhered. This process could be repeated in accordance to the needs. The last segment (in this case segment C) is adhered without any tension. The stressing process is carried out on the steel wheels covered by material with friction coeff. $\sim 0,57$ reducing the possibility of a local fracture. The minimum diameter of the wheel is assumed as 0,9m [7]. In current studies (such as in TU Łódź) elements of GA CFRP system are used with anchor systems simultaneously, which yet more postpones the FRP debonding due to tangent stress.



Phot. 5 scheme of adhering Gradually Anchored CFRP tape [14]

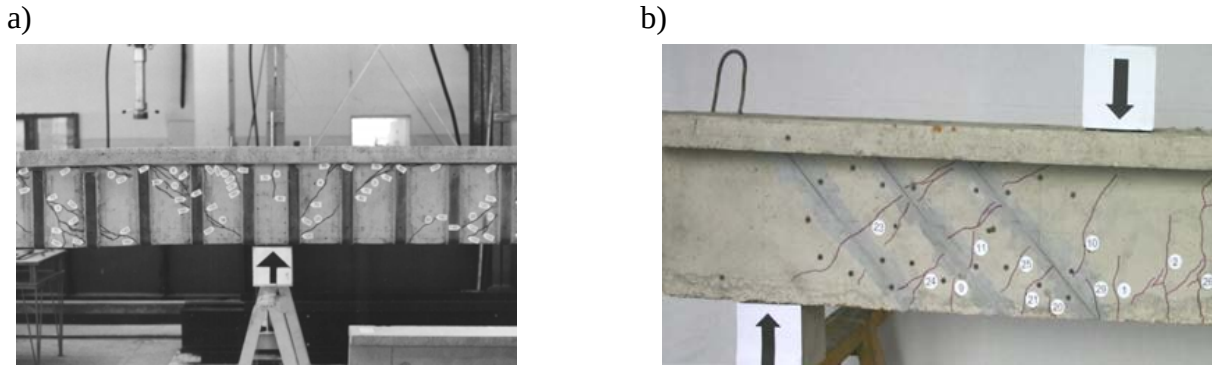
2.5 Application of FRP reinforcement in RC constructions

FRP reinforcement of RC elements is used in two main regions:

- Shear part of the beam
- Flexure part of the beam and slab

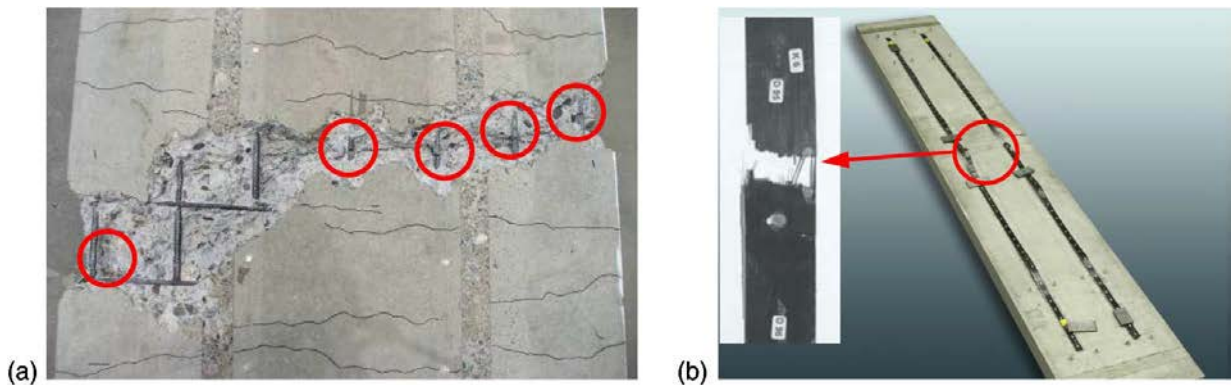
In shear part of a beam vertical and slanted NSM FRP (Phot. 6 a)) as well as vertical EB (Phot. 6 b)) reinforcement could be applied.

According to [15] and [16] a maximum received experimental strengthening of RC beam is 87% using slanted NSM tapes. Additionally cutting of all steel stirrups during FRP strips had no influence on the failure mode and the steel contribution to the shear capacity was 23 % for unstrengthened beam and maximally 16% for the strengthened beams, whereas the NSM contribution to the shear capacity ranged between 22 % and 50 % of the ultimate load due to improved anchorage condition of the NSM strips. This proves the effectiveness of NSM FRP reinforcement in shear region of the beam.

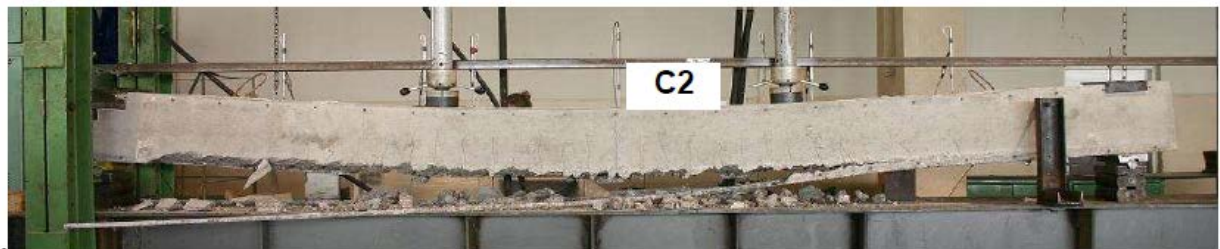


Phot. 6 Shear reinforcement [15] a) EB, vertical b) NSM, slanted

In flexure part of the beam most effective way of strengthening is NSM CFRP system [16] (Phot. 8), although EBR CFRP system (Phot. 9) has better perspectives for usage in existing, pre-stressed constructions.



Phot. 7 EBR reinforced slab after failure [3]: (a) steel reinforcement bars rupture; (b) CFRP strips fracture



Phot. 8 NSM reinforced beam after failure [17] – NSM reinforcement debonding

Experimental research proved that NSM CFRP system could increase the ultimate load of unstrengthened RC beam from 217 up to 321% [17]. The fact that the majority of beams failed due to intermediate crack debonding (IRC) emphasize the significance of the adhesive in NSM CFRP reinforced structures.

Research has shown [17], that the increase in the CFRP stiffness results in the increase in the ultimate loads, but on the other hand decreases the CFRP debonding strain. A deeper analysis of dependence of CFRP stiffness in relation to debonding strain and ultimate loads ought to be subjected to a deeper analysis, which would result into an increase in effectiveness of CFRP systems.

In addition invention of a numerical method of analysis of RC reinforced with NSM CFRP systems [18] allows consideration of veritable parameters affecting strengthening ratio of NSM CFRP system e.g. initial load, steel reinforcement ratio, CFRP reinforcement ratio and concrete strength.

EBR GA (gradually anchored) CFRP systems used in slabs hightens its stiffness, ultimate carrying capacity and reduces the width of cracks. Research in EMPA laboratory in Zurich [3] proves that temperatures up to 75°C does not affect the bond between those systems and RC, although temperatures above 100°C accelerate the gradual bond loss between CFRP strips and concrete.

3 CURRENT RESEARCH AT TECHNICAL UNIVERSITY OF ŁÓDŹ (TUL)

Up to date study of CFRP reinforcement at TUL has two major foci:

- Dependence of pre-loading of RC beams on the effectiveness of EB CFRP reinforcement
- Relation between the type and ultimate strength of the adhesive in bond of CFRP tape and RC

The reason for the research carried on at TUL concerning types of a polymer matrix in relation to its bond with RC is the fact that the main dilemma connected with prestressed CFRP strips in RC elements is a superior shear stress between RC and CFRP, whose paramount is placed at the end of the CFRP tape, which is caused by the difference in tensile strength of RC and CFRP. The outcome of this study could significantly affect a strengthening ratio of CFRP reinforcement, although deliverables of the research will not be put forward in this paper due to its early stage.

A second research concerns preloading level of a structure before strengthening, steel reinforcement ratio and their correlation with stiffness, as well as servicability and ultimate limits of a strengthened beam. An additional factor under research is the presence of a bond in relation to strengthening ratio. Mr Krzysztof Lasek, who conducted discussed part of the research proposed beams under three different preloading levels – 14, 25 and 75% of a non stressed carrying capacity of a beam and made two series of beams with 5 items in total.

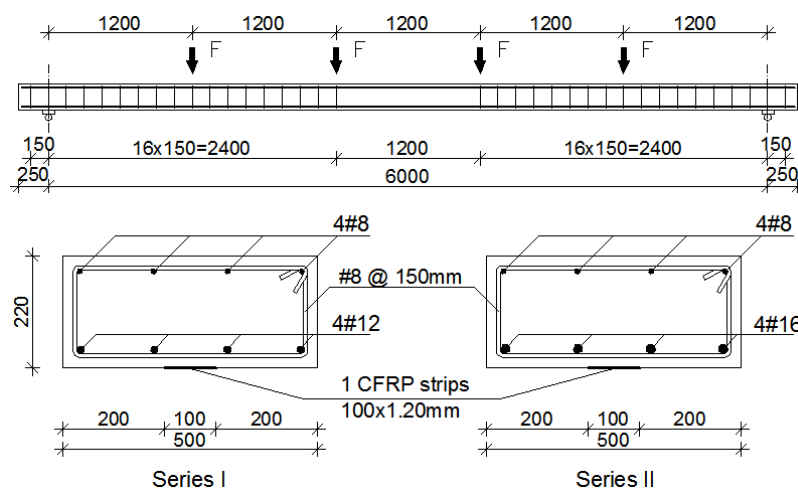


Fig. 1 Static scheme, steel reinforcement and strengthening mode of the beam [5]

Results have shown, that all but one beam failed due to CFRP debonding. In first series ultimate strain in CFRP tape reached 6.85 - 9.3‰, in second 7.15 - 8‰, which proves no dependence of ordinary steel ratio and the level of preloading on the ultimate strain (U_s) of the beam. Moreover, for beams strengthened with higher pre-stressing force, higher debonding strains were reached, independently of the steel reinforcement ratio, which complies to the outcomes of similar studies. Deflections of beams strengthened before rebar yielding (with preload level of 14% U_s) were on average only ~15% higher than those with preload level of 75% U_s , which proves minor influence of a preloading of the beam on its stiffness. Next deliverable of research is that the bond between FRP tape and concrete has no significant effect on beam's strain after steel yielding (FRP acting as a string behave similarly to adhered FRP in regard to strain of a beam).

Moreover, load capacity of the beam with lowest prestressing load was only 12% higher than of that preloaded by 75%. All above mentioned reasons confirm profitability of CFRP EB systems application in preloaded RC elements, as those systems maintain high efficiency also in RC elements subjected to loads above serviceability limit. A more in-depth study of the research one could find in [5]

4 CONCLUSIONS

Studied publications on FRP reinforced constructions, as well as research currently carried on in TUL induced the author to the following conclusions:

- Usage of CFRP EB reinforcement has no alternative for highly exhausted, pre-stressed constructions requiring retrofitting, in which application of passive systems is either unprofitable or impossible
- Pre-stressing of RC elements has minor impact on the ultimate limit state and stiffness of the FRP reinforced RC element
- Temperature up to 75°C hardly effects the bond between FRP and RC and fracture load of FRP strengthened slabs, although in high temperatures, above 100°C FRP reinforced RC elements are susceptible to premature failure
- Most frequently used types of fibres are carbon fibres due to its availability, superior tensile strength and Young Modulus comparable to steel
- Application of FRP reinforcement in RC elements results in high benefits for both, flexure and shear regions – strengthening ratio in shear could range to 3.21 [17] and for flexure part 2.19 in reference to an unstrengthened beam
- A decisive factor affecting ultimate load of CFRP RC element is shear stress between RC and CFRP, which is caused by the difference in tensile strength of RC and CFRP
- A deeper analysis of dependence of CFRP stiffness in relation to debonding strain and ultimate loads ought to be subjected to a deeper analysis, which would result into an increase in effectiveness of CFRP systems
- Influence on the fatigue durability of the strengthening system of several parameters ought to be studied, namely the relative position of steel reinforcement bars and strips, the distance between strips, the types of adhesive (currently under research at TUL), as well as the limit of upper cyclic load level and the load frequency

Sources

1. KOTYNIA, R., STOECKLIN, I., MEIER, U., *Analysis of prestressed and gradually anchored CFRP strips for strengthening concrete structures*. Proceeding of the 5th Int. Conference Analytical Models and New Concepts In Concrete and Masonry Structures, Gliwice-Ustron, 2005, 75-76 p.
2. IGNATOWSKI, P., KAMIŃSKA, M. E., *About concrete confinement of the slender RC columns with CFRP composites*. Journal for Restoration of Buildings and Monuments, 2003, 73-97 p.
3. KOTYNIA R., WALENDZIAK R., STOECKLIN I., MEIER U., *RC Slabs Strengthened with Prestressed and Gradually Anchored CFRP Strips under Monotonic and Cyclic Loading*. JOURNAL OF COMPOSITES FOR CONSTRUCTION © ASCE, 2011, 168-180 p.,
4. HEFFMAN, P. J., ERKI, M. A., *Fatigue behavior of reinforced concrete slabs strengthened with carbon fiber reinforced plastic laminates*. J. Compos. Constr. , 2004, 132-140 p.
5. LASEK, K. *Strengthening efficiency of RC beams strengthened with prestressed CFRP laminates*, 2012,
6. ANDRAE H. P., MAIER M., PETRES H., GUSIA P.J., *A New Approach of bonded anchorages for CFRP Prestressing Tendons and Cables*. Proc. of the Int. Symp. on Bond Behaviour of FRP in Structures, Hong Kong, 2005. 337-344 p.
7. MEIER U., KOTYNIA R., *Wzmacnianie konstrukcji żelbetowych wstępnie naprężonymi materiałami kompozytowymi FRP*, Inżynieria i Budownictwo nr 11, 2008, 596-599 p.
8. fib (2001). *Externally bonded FRP reinforcement for RC structures. fib Bulletin 14: Technical report on the design and use of externally bonded fibre reinforced polymer reinforcement (FRP EBR) for reinforced concrete structures*. International Federation for Structural Concrete, Lausanne, 138 p., ISBN 2-88394-054-1.
9. Karty Techniczne Produktów: SikaCarbodur, S&P Strengthening Systems, MC-DUR CFSheets.
10. MEIER U., DEURING M., MEIER H., SCHWEGLER G., *Strengthening of Structures with CFRP Laminates: Research and Applications in Switzerland*. Proc. of the 1st Int. Conf. on Advanced Composite Materials in Bridge Structures, CSCE, Sherbrooke, Quebec, Canada, 1992, 243-251 p.
11. S&P Reinforcement Sp. z o.o., Materiały informacyjne, karty techniczne
12. ŁAGODA M., *Wzmacnianie mostów przez doklejanie elementów*, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2005
13. Sika®CarboDur® CFRP, *Structural Strengthening with Prestressed Sika®CarboDur® CFRP Plate* - materiały informacyjne.
14. STOECKLIN I., MEIER U., *Strengthening of Concrete Structures with Prestressed and Gradually Anchored CFRP Strips*, Proceedings of the 6th Int. Symp. on Fiber Reinforced Polymer Reinforcement for Reinforced Concrete Structures (FRPRCS-6), Singapore, 2003, 1321-1330 p.
15. KOTYNIA R., *Advances and challenges in FRP strengthening of concrete structures - research at Technical University of Lodz*, Four International Conference on FRP Composites in Civil Engineering (CICE 2008), Switzerland, 2008, 27 p.
16. KOTYNIA R., *Shear Strengthening of RC Beams With NSM CFRP Laminates*, 5th International Conference, Winnipeg, Manitoba, Canada, 2008, 92 p.
17. KOTYNIA R., *Analysis of the Flexural Response of NSM FRP-strengthened Concrete Beams*, 8th International Symposium on Fiber Reinforced Polymer Reinforcement for Concrete Structures

18. CZKWIANIAC, A., KAMIŃSKA, M. E., *Method of Nonlinear Analysis of One-dimensional Reinforced Concrete Members*, KILiW PAN IPPT, No 36, (in Polish), Warsaw, 1993, 130 p.

Contact

Damian Sokołowski
Technical University of Łódź
Al. Politechniki 6, 90-924 Łódź, Polska
Tel: +48 696 259 450
email: sokolowski.dmn@gmail.com

POROVNÁNÍ TEPLOT V KOUTĚ U ATIKY PROSTŘEDNICTVÍM 2D A 3D MODELOVÁNÍ

COMPARISON OF TEMPERATURES IN ATTIC THROUGH 2D AND 3D VIEWS

Tomáš Pospíšil, Jan Pěňčík

Abstrakt

Článek se zabývá numerickým modelováním čtyř různých detailů provedení atiky ve 2D a 3D teplotním poli. Následně porovnává teploty v koutě u jednotlivých variant numerických modelů detailů ve 2D a 3D zobrazení.

Klíčová slova: tepelný most, eliminace, atika, ustálený teplotní stav

Abstract

This paper deals with numerical modeling of four different attic details in 2D and 3D temperature field. Then compares the temperature in the corner of the numerical models in 2D and 3D views.

Key words: thermal bridge, elimination, attic, steady state

1 ÚVOD

V dnešní praxi se lze setkat s tím, že pokud projektant provádí numerické modely stavebních konstrukcí za účelem posouzení tepelných mostů a s tím spjatou kondenzací vodní páry v dané konstrukci, velmi často je posuzuje ve 2D numerických modelech. Tento postup však není zcela vhodný, jelikož teplota v rohu, kde se stýkají tři konstrukce (např. podlaha – stěna – stěna, nebo strop – stěna – stěna,...) bývá nižší než v místě styku pouze dvou konstrukcí. Toto snížení teploty v rozích je však při návrzích opomíjeno. Následkem snížení teploty v rohu se při pozdějším užívání objektu majitelem objevují mapy a plísňové skvrny právě v těchto místech.

Byly vytvořeny čtyři detaily provedení zateplení atiky. Konstrukce jednotlivých variant byly navrženy dle ČSN 73 0540 [1] na normové hodnoty součinitel prostupu tepla U_N [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$] a pro energeticky pasivní hodnoty součinitel prostupu tepla $U_{N,\text{pasiv}}$ [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$]. Dále byl v několika variantách atiky použit kompozitní materiál pro přerušení tepelného mostu.

2 TVORBA DETAILŮ

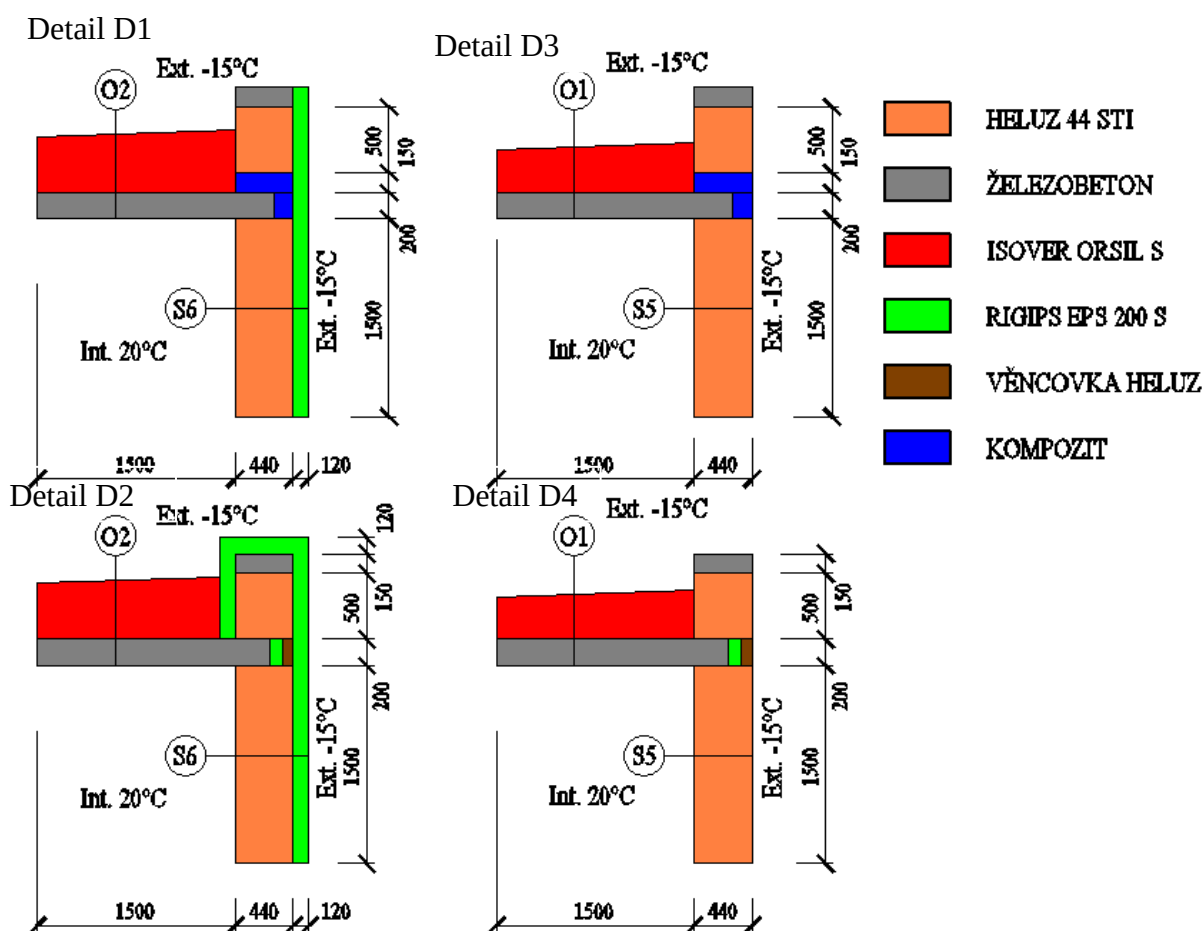
Důležitým faktorem, který ovlivňuje celkový výstup je správná definice okrajových podmínek a vlastností materiálů, které hrají klíčovou roli v matematických modelech. Byly vytvořeny čtyři detaily atiky budovy s jednoplášťovou plochou střechou D1, D2, D3, D4 zobrazených na (Obr. 1).

Skladba střešní konstrukce O2 (Tab. 1) byla navržena pro detaily D1 a D2 (Obr. 1) totožná se součinitelem prostupu tepla podlahy $U_o = 0,14 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$. Obvodové stěny S6 (Tab. 1) u detailů D1 a D2 jsou navrženy z keramických tvarovek Heluz STI 44 s kontaktním

zateplovacím systémem z polystyrenu tl. 120 mm na součinitel prostupu tepla stěny $U_s = 0,17 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$. Rozdíl mezi detaily D1 a D2 je pouze ve vložení kompozitního materiálu pro přerušení tepelného mostu mezi stropní konstrukcí a atikou tvořenou keramickými tvarovkami Heluz STI 44 s přidáním kompozitního materiálu jako tepelné izolace v ŽB ztužujícím věnci u detailu D1 (Obr. 1). U detailu D2 (Obr. 1) je tepelná izolace obvodového pláště přetažena přes atiku až na stropní konstrukci. Věnc je řešen systémově, tzn. s použitím Heluz věncovky a tepelné izolace.

Skladba střešní konstrukce O1 (Tab. 1) byla navržena pro detaily D3 a D4 (Obr. 1) totožná se součinitelem prostupu tepla podlahy $U_o = 0,19 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$. Obvodové stěny S5 (Tab. 1) u detailů D3 a D4 jsou navrženy z keramických tvarovek Heluz STI 44 na součinitel prostupu tepla stěny $U_s = 0,22 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$.

ŽB ztužující věnc u detailu D4 je tvořen systémově, tzn. s použitím Heluz věncovky a tepelné izolace. Na rozdíl od detailu D3 (Obr. 1), kde je vložen kompozitní materiál pro přerušení tepelného mostu mezi stropní konstrukcí a atikou tvořenou keramickými tvarovkami Heluz STI 44 s přidáním kompozitního materiálu jako tepelné izolace v ŽB ztužujícím věnci.



Obr. 1 Geometrické složení detailů atiky

2.1 Vlastnosti materiálů

Jednou z nejdůležitějších vlastností, které ovlivňují průběh teplot ve stavební konstrukci je součinitel tepelné vodivosti $\lambda \text{ [W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}]$. Tato hodnota byla pro keramické tvarovky zadávána v souřadnicových osách X, Y, Z, tzn., byly uvažovány ortotropní vlastnosti. Základní tepelné technické vlastnosti použitých materiálů pro detaily paty zdiva jsou

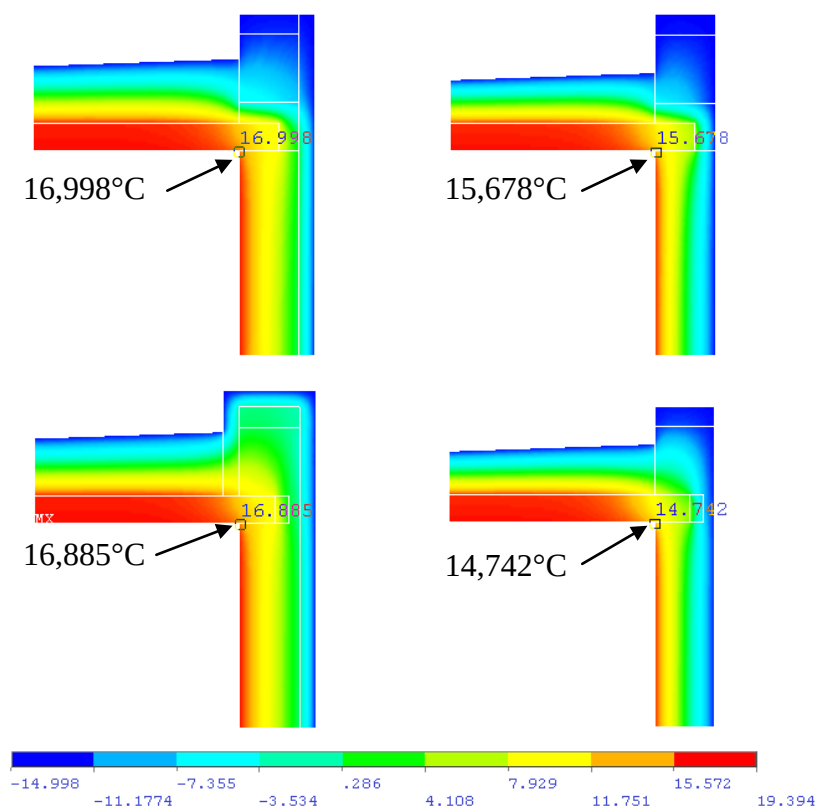
znázorněny v Tab.1, tepelně technické vlastnosti materiálů použitých v atice jsou znázorněny v Tab. 1.

Detail	Skladba	Materiál	tl [m]	Součinitel tepelné vodivosti λ [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]	Součinitel prostupu tepla U [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$]
D3, D4	S5	HELUZ STI 44	0,440	0,097(→); 0,670(↑)	0,220
D3, D4	O1	Isover Orsil S	0,200	0,430	0,190
		Beton hutný	0,200	1,300	
D1, D2	S6	HELUZ STI 44	0,440	0,097(→); 0,670(↑)	0,170
		Rigips EPS 200 S Stabil	0,120	0,034	
D1, D2	O2	Isover Orsil S	0,350	0,430	0,140
		Beton hutný	0,200	1,300	

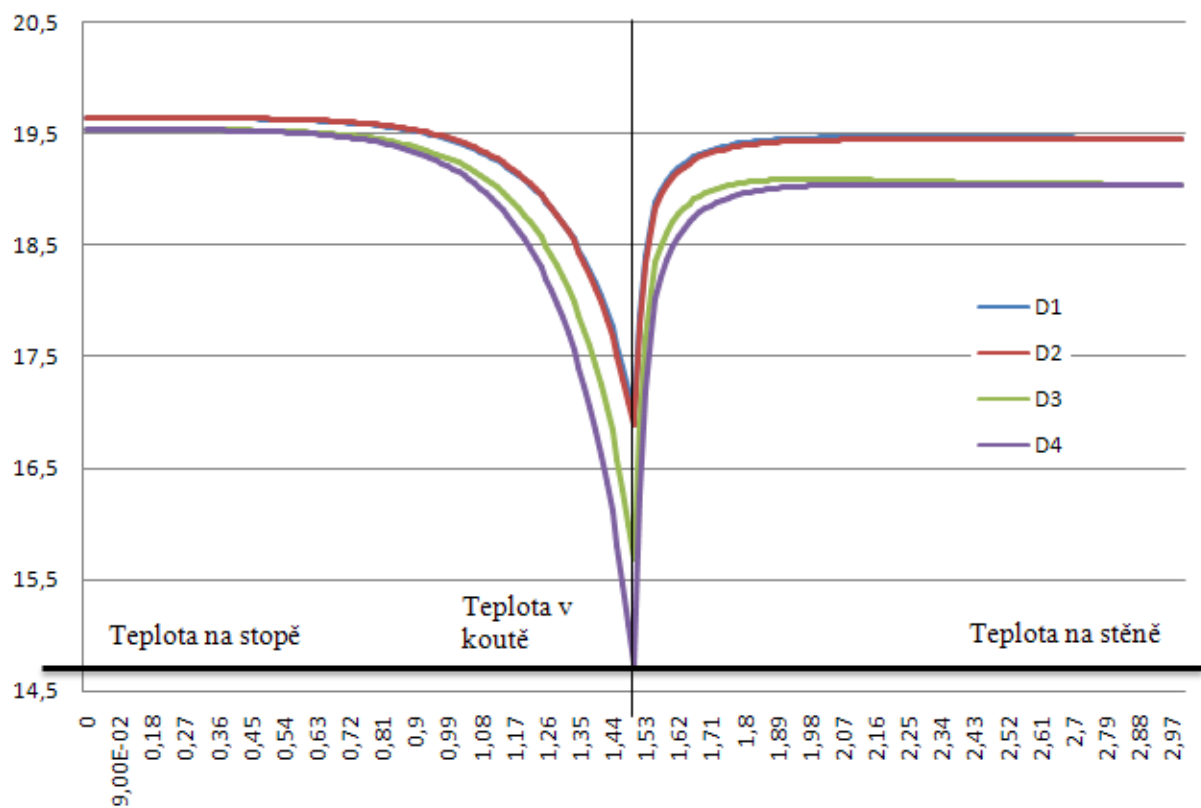
Tab. 1 Tepelně technické vlastnosti použitých materiálů v atice [3][4]

2.2 Okrajové podmínky

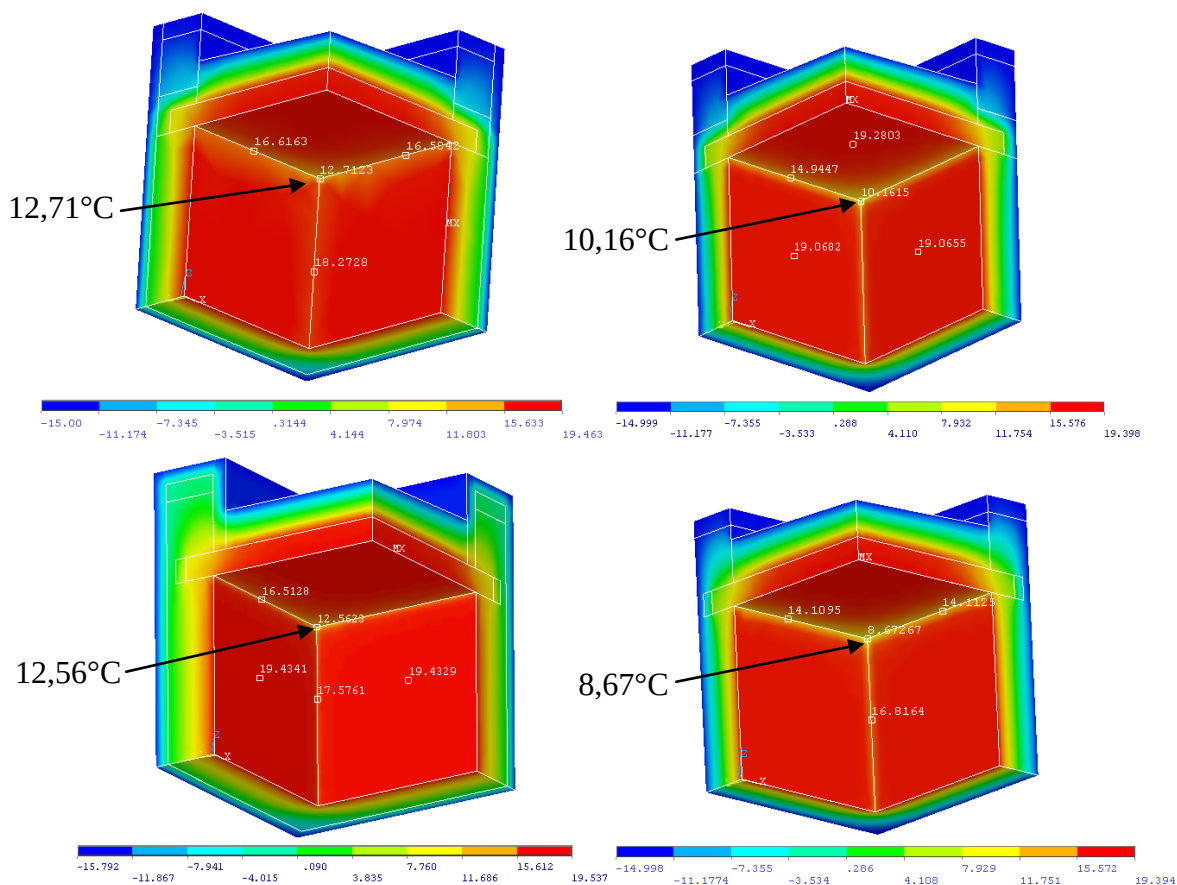
Důležitou součástí pro výpočet vytvořených variant je vložení okrajových podmínek. Výpočet byl proveden pro ustálený teplotní stav. V interiéru byla teplota pro výpočet dle ČSN 73 0540 [1] stanovena na $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ se součinitelem přestupu tepla na straně interiéru pro stěnu $R_{si}=0,13\text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$ a pro strop $R_{si}=0,10\text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$. Exteriérová teplota byla stanovena na $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ se součinitelem přestupu tepla na straně exteriéru $R_{se}=0,04\text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$.



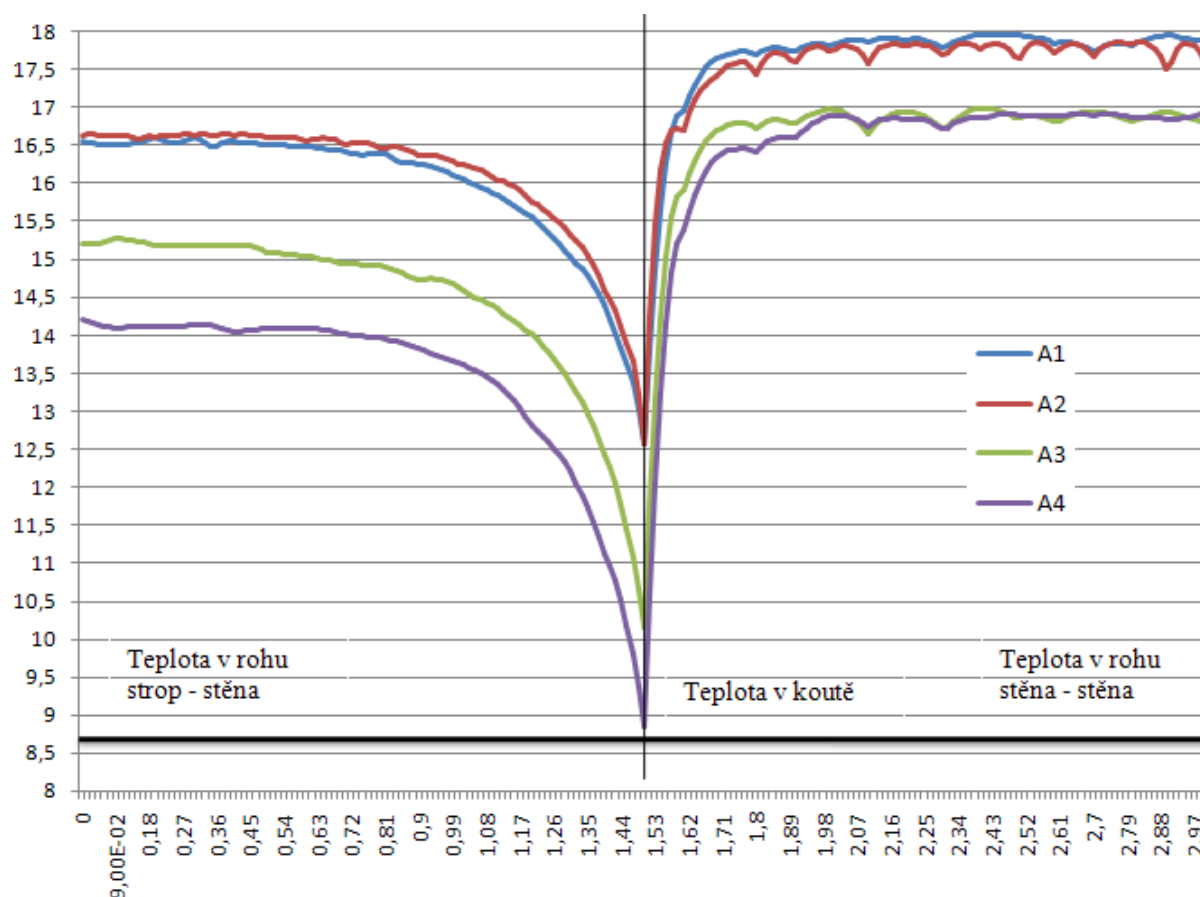
Obr. 2 Konstrukce atiky ve 2D teplotním poli



Graf 1 Průběh vnitřních povrchových teplot ve 2D zobrazení



Obr. 3 Konstrukce atiky ve 3D teplotním poli



Graf 2 Průběh vnitřních povrchových teplot v místě styku: strop - stěna a stěna - stěna

2.3 3D teplotní pole

Výše zmíněné detaily (Obr. 2) byly namodelovány do 3D teplotního pole při zachování geometrie a okrajových podmínek (viz kapitola 3.1. a 3.2. tohoto textu). Výsledky numerických modelů 3D teplotního pole jsou znázorněny na Obr. 3.

3 ZÁVĚR

Z grafů 3 a 4 je patrné, že nejnižší povrchová teplota v koutě pro detail D1 a D2 (Obr. 1) je téměř totožná, i když geometrie detailů je rozdílná. U detailu D1 (Obr. 1) je tepelný most přerušen kompozitním materiálem, na rozdíl od detailu D2, kdy je tepelná izolace obvodového pláště přetažena přes atiku až na stropní konstrukci.

V grafu 4 je patrné nelineární chování teplot převážně na pravé straně grafu, kde jsou vynášeny teploty v koutě stěna - stěna. To je způsobeno ortotropním zadáváním součinitele prostupu tepla λ [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$] keramických tvarovek Heluz.

Srovnáme-li data uvedená v Tab. 2 můžeme usoudit, že pokud provádíme pouze 2D simulaci teplotního pole musíme si uvědomit fakt, že teplota v koutě u 3D zobrazení se nám sníží. Nelze přesně říci jak velký tento rozdíl bude. Ten je závislý na spoustě faktorů od geometrie vlastního detailu, použitých materiálech a jejich tepelně technických vlastnostech až po volbu okrajových podmínek.

Detail	Součinitel prostupu tepla U_s [$\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$]	Teplota v koutě [$^{\circ}\text{C}$]		Rozdíl teplot $T = T_{2D} - T_{3D}$ [$^{\circ}\text{C}$]
		T_{2D}	T_{3D}	
D1	0,17	16,998	12,585	4,413
D2	0,17	16,885	12,562	4,323
D3	0,22	15,679	10,162	5,517
D4	0,22	14,743	8,851	5,892

Tab. 2 Porovnání teplot u atiky mezi 2D a 3D numerickými modely

Můžeme si všimnout, že i u detailů D1 a D2 (Obr. 1) kdy konstrukce byly navrženy dle ČSN 73 0540 [1] na součinitel prostupu tepla pro pasivní domy tak rozdíl teplot (Tab. 2) mezi 2D a 3D modelem v koutě u atiky byl u detailu D1 = 4,4 $^{\circ}\text{C}$ a u detailu D2 = 4,3 $^{\circ}\text{C}$. Rozdíl mezi teplotou v koutě u atiky tvoří v nejhorším případě D4 = 5,9 $^{\circ}\text{C}$ (Obr. 1), který odpovídá způsobu provedení většiny dříve prováděných atik.

Poděkování

Prezentované výsledky byly získány za podpory projektu specifického výzkumu řešeného na FAST VUT v Brně. Registrační číslo FAST-S-12-20, ID 1650.

Použitá literatura

1. ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov
2. Manual programu Ansys 11.0, USA, 2007
3. Software Stavební fyzika, program Teplo 2009, Svoboda Software 2008
4. *HELUZ - Cihly, stropy, komíny, stavební materiál* [online]. HELUZ cihlářský průmysl v.o.s.– [cit. 10. prosince 2011]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.heluz.cz/>>

Kontaktní údaje

Ing. Tomáš Pospíšil
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební
Veveří 331/95, 602 00 Brno
email: pospisil.t@fce.vutbr.cz

Ing. Jan Pěncík Ph.D.
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební
Veveří 331/95, 602 00 Brno
email: pencik.j@fce.vutbr.cz

VLHKOST V PÓROVITÝCH MATERIÁLECH

MOISTURE IN POROUS MATERIALS

Pavčina Petřvalská

Abstrakt

Popis pórovitosti ve stavebním materiálu a jejich určení. Článek popisuje dále šíření vlhkosti ve stavebním materiálu póry, zkoumání tvarů pórů a měření pórovitosti mikroskopickou metodou.

Klíčová slova: póry, vlhkost, stavební materiál

Abstract

Description of the voids in the building material and its determination. This article describes also distribution of moisture in building materials pores, pore shapes, exploring and microscopic porosity measurement method.

Key words: voids, moisture, building materials

1 PÓRY V MATERIÁLECH

U mnoha materiálů je v určitém objemu tuhé fáze přítomna jiná fáze. Prostory, které jsou zaplněny kapalnou a plynnou fází a jejichž rozměr je podstatně menší než rozměry uvažovaného tuhého tělesa, budeme nazývat póry, a to bez ohledu na jejich tvar, vzájemnou velikost a míru propojenosti. Póry ovlivňují mechanickou pevnost, odolnost proti náhlým změnám teploty, odolnost proti korozi a další důležité změny materiálu. Vždy záleží nejen na množství pórů, ale i na jejich velikosti a rozložení. Základní informace o pórech v materiálu poskytuje hustota a objemová hmotnost. Dalšími důležitými ukazateli jakosti keramických výrobků a materiálů jsou kromě hustoty a objemové hmotnosti nasákavost, zdánlivá a skutečná pórovitost. Podle těchto vlastností lze určovat množství otevřených a uzavřených pórů, které podle druhu různě ovlivňují vlastnosti materiálu. Protože vlhkost pórovitého materiálu je proměnná v čase a míra jejích proměn závisí kromě působnosti vnějších faktorů také na tom, jak pórovitá látka umožňuje transport vody, bude vhodnější nahradit objem pórů určitým transportním koeficientem. Nelze ale označovat za pórovité látky ty látky, které mají jen jednu dutinu nebo skupinu dutin, které se dále ve statickém smyslu neopakují.

1.1 Reakce s vodou

Pórovitý materiál buď nereaguje žádným způsobem s vodou a označujeme jej jako interní a jestliže pórovitý materiál reaguje s vodou, rozeznáváme materiály neinterní fyzikálně, fyzikálně chemický a chemický. V prvním případě jde o změny objemu vyvolané změnami obsahu vody (bobtnání, smršťování), ve druhém o výměnu iontů z roztoku. Ve třetím případě jde o chemické reakce materiálu s vodou.

Je známo, že s relativní vlhkostí 40%, je vrstva vody vždy tvořena na pórovitém povrchu. Plynná znečišťující molekula difunduje a najde vodu v materiálu, která je nezbytná pro kyselé složky. Kyselé formy na póry povrchu a kombinace s odpovídajícím reaktantem k poškození

solí, což znamená, že tak dlouho, jak vzduch není čistý, bude nadále probíhat zrychlení zvětrávání, způsobené znečišťujícími reakcemi.

V Souvislosti s pórovitými materiály se často mluví o velikosti pórů. Přestože tvar pórů je prostorově značně proměnný, lze skutečnou velikost každého z pórů. Přestože v daném místě lze definovat jako poloměr koule, která je v daném místě póru vepsaná.

Vzhledem k jejich obecně dobré tepelně izolační vlastnosti, porézní materiály byly (a jsou) používány téměř výlučně. Minerální materiály jsou, jak každý ví, složeny z pojiva, přísad a pórů vyplývajících z kalení a zpevnění, které ve svém celku, tvoří systém pórů. Z důvodu zčásti velmi nepravidelné a vzájemně propojené póry, se vede diskuse o distribuci a geometrie pórů. Systém pórů je, samozřejmě, v první řadě odpovědný za přenos vlhkosti. Velikost pórů a velikost pórů distribuce-tak, konečně, pórovitost materiálu jsou klíčovými faktory pro kapilární převod vody, paropropustnost, a samozřejmě i pro absorpční vlastnosti. Pórovitost materiálu dává údaje o možném absorpci vody. Čím vyšší je pórovitost materiálu, tím nižší je hustota a tím vyšší je absorpci vody z tohoto materiálu. V popředí je úvaha pórovité struktury materiálu, který je charakterizován objemem pórů, velikostí pórů a tzv. geometrie pórů.

1.2 Velikost a tvar pórů

Póry s poloměrem menším než 10^{-7} m, se nazývají mikropóry; s poloměrem menším než 10^{-9} , jsou označovány jako gelové póry. Nejsou vhodné pro kapilární absorpci vody a odvádění. Voda může proniknout do pórů ve formě vodní páry. To znamená, že materiál může být klasifikován jako nepropustný pro kapilární vody. Na jedné straně nejsou schopny absorbovat vodu vztlínáním, z tohoto důvodu avšak není snadná impregnace nebo injektáž.

Póry s poloměrem mezi 10^{-7} a 10^{-4} m jsou označovány jako makro-nebo kapilární póry. Tyto póry jsou schopny přenášet absorpci vody a jsou schopny přenášet vodu a jiné kapaliny v materiálu, ve vztahu ke vztlínivosti. To z toho, že tyto materiály jsou nejen vystaveny kapilární vodou, ale mohou být impregnované nebo injektované, bez větších problémů.

Vzduchové dutiny jsou póry o poloměru více než 10^{-4} m, čímž se již v milimetrovém rozsahu. Tyto póry jsou také nevhodné pro kapilární absorpci vody. Stejně jako u makro-nebo kapilární póry, může vlhkost tvořit pouze plynné vodní páry nebo pod tlakem, v kapalně formě.

S cementem vázaných materiálů, je další rozlišení je třeba provádět mezi běžnými a umělými vzduchovými póry. Umělé vzduchových póry přináší zlepšení ztvrdlého betonu. Objem pórů sám však nepostačuje pro označení pórovitosti materiálu. Velikost distribuce pórů je jedním z hlavních charakteristik, které umožňuje údaj o převodu vlhkosti. Stejný objem pórů ze dvou různých materiálů mohou být distribuovány přes mnoho malých nebo několika velkých pórů. Zde, microvoids a macropores je nutno rozlišovat. Prostřednictvím kapilární kondenzace se mohou póry o poloměru 10^{-7} m ($0,1 \mu\text{m}$) naplnit vodou. To je důvod, proč je tato hodnota často používána jako omezení okruhu pórů, rozlišovat mikropóry a makropóry. Geometrie pórů a velikost distribuce pórů v materiálu poskytuje v důsledku toho některé údaje předem o mechanismu absorpci vody, která způsobila, že materiál je vlhký, a tím, zda může být impregnovaný nebo injektovaný. Fyzikální a zejména vlhkostní vlastnosti materiálu jsou tudíž ve velké míře závislá na vlivu velikosti pórů.

Další charakteristickou vlastností je geometrie pórů, póry mohou být ve válcovitém a klínovitém tvaru nebo sférické. Mohou být póry otevřené s alespoň dvěma otvory, seskupení pórů s alespoň jedním otvorem nebo uzavřené póry bez spojení s okolím je třeba rozlišovat. Pouze seskupené póry a otevřené póry jsou relevantní pro rovnováhu vlhkosti, protože voda proniká pouze prostřednictvím těchto typů pórů. Vzhledem k materiálové vlastnosti obecně, a konkrétně vodě, či spíše vodních par, vstřebávání a separační schopnost materiálu v rámci fyziky týkající se konstrukce a vědy o materiálech, je velký zájem, aby charakterizoval

podrobněji otevřený pórovitý prostor do vody. Za tímto účelem je vzorek materiálu držen pod vodou, dokud se nedosáhne konstantní hmotnosti. Jakmile jsou všechny póry vyplněny vodou, rozdíl v hmotnosti mezi mokrým a suchým vzorkem určuje efektivní pórovitost. Účinná pórovitost (normální absorpce vody) se obvykle vyjadřuje jako procento objemu. To popisuje, které objemový díl otevřených pórů se ocitne až do celkového objemu vzorku materiálu. Výpočet je však nepřesný, protože během absorpce nějaký vzduch zůstane chycený zejména v seskupení dutin.

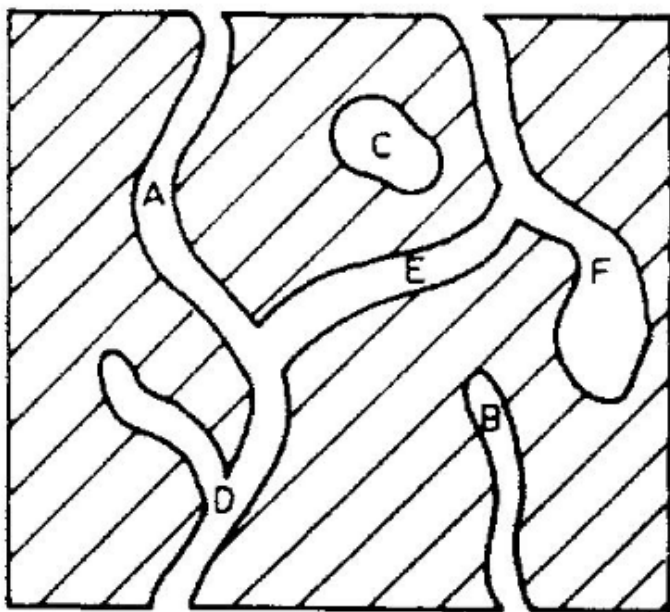


Figure 1.12 ■ Different pore types: A – continuous pore, B – open pore, C – closed pore, D + F – sack pore

Tomu lze zabránit ponecháním vzorku v horké vodě. Var téměř úplně eliminuje tyto vzduchové bubliny, aby jsme získali nejpřesnější hodnotu otevřených pórů, nebo spíše podíl smáčitelných pórů.

Porovnání různých materiálů s ohledem na jejich pórovitosti, lze konstatovat, že materiály s téměř stejnou pórovitostí stále mají velmi rozdílné tepelné a vlhkostní vlastnosti. Důvodem je distribuce pórů v materiálu. Což je téměř vždy určena v praxi. V testu vniknutím rtuti porozimetrie se ukázalo jako obzvláště účinné. Vzhledem k tomu, povrch materiálu odpuzuje rtuť, je třeba, aby se lisovala do pórů pod tlakem. V souladu s tlakem a průniku rtuti, může tzv. distribuční poloměr křivky pórů být vyrobeny s pomocí moderních konstrukčních diagnostiky. Konečně to může být prokázáno, že geometrie pórů jasně ovlivňuje propustnost vodních par. Tvar pórů (problematických) s uzavřenými vstupy může výrazně ovlivnit nasákavost.

Při výstavbě, jsou nehomogenní materiály často využívány. Umělé, stejně jako přírodní kameny mohou být tvořeny ve tvaru jako sférické, lamelové nebo jako jehly v jejich mikrostruktury. To je často neplatné v poměru k objemu pórů a objem porovitosti. Celkový objem pórů může být rozložen v pórech s různými poloměry. Vzhledem k tomu, poloměr pórů je obvykle znám, je použita teorie, tzv. hydraulický poloměr. To se počítá jako poměr objemu pórů a vnitřní povrch. Vnitřní povrch je součet všech pórů a lze určit poměrně rychle experimentálně. Existuje přímá souvislost mezi pórovitostí, hustotou a absorpcí vody se vzájemnými závislostmi.

1.3 Metody měření

S porózimetrií narušení rtuti (MIP), jsou porézní vzorky vloženy do komory, komora je vakuována, vzorky jsou obklopeny rtutí a tlak na rtuť se postupně zvyšuje. Vzhledem k tomu, stoupá tlak, rtuť je nucena vstoupit do pórů na povrchu vzorku. Pokud systém pórů je kontinuální, může být tlakem dosaženo, že rtuť proniká až do pórů tunýlky a pronikne až do celého objemu vzorku. Pokud systém pórů není spojitý, může rtuť proniknout do vzorku skrz stěny pórů. Tím je následkem tlaku a narušení svazků během experimentu možné, že se jako měřítko spojovacích krčků pórů kontinuálního systému pomocí převratného tlaku stane diskontinuální systém. Šířka pórů odpovídá nejvyšší rychlosti rtuti vniknuté změnou tlaku je znám jako "prahem", "kritické," nebo "perkolací". Po dosažení této nejvyšší míry narušení, může rtuť vnikat do interiéru vzorku. Za použití techniky lze také získat míru celkové pórovitosti ve vzorku, který odpovídá objemu rtuti proniknuté za maximálního experimentálního tlaku vzorku.

MIKROSKOPICKÁ METODA

Metoda slouží k určení struktury pórů betonových vzorků. Vzduchová porézní struktura je popsána pomocí parametrů:

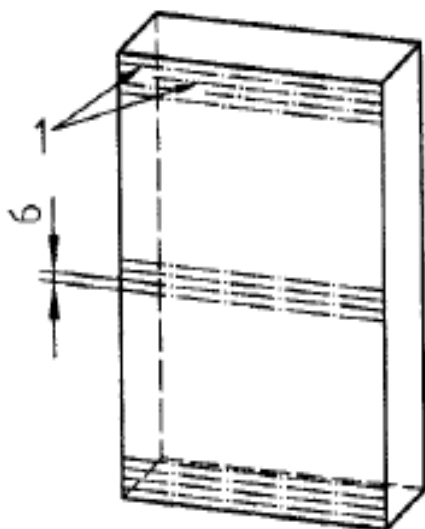
- Celkový objem vzduchu;
- Zvláštní póry povrchu;
- Mezi faktory;
- Vzduchová velikost pórů;
- Micro-objem pórů vzduchu.

Kalené zkušební vzorky se připraví tím, že povrch je plochý a vhodné pro analýzu pod mikroskopem.

Vzduchová porézní struktura je zjišťována monitorováním a pozorováním linky. Objem pórů vzorku se vypočítá jako délka každého akordu ve sledovaném řádku.

Matematická analýza měření umožňuje uspořádat data podle požadovaných parametrů.

Rozložení čar na povrchu vzorku



- Záznamové zařízení, které zaznamenává pozorovanou osovou vzdálenost a pozorovaný počet pórů, rozdělena do různých tříd podle délky;

- Stereoskopické mikroskop může přiblížit 100 ± 10 krát. Zaostřením by mělo být možné získat požadované rozlišení tětiny, aby póry mohly být přesně změřeny a rozděleny do tříd. Rtuť umožňuje určit velikost jednotlivých pórů. Rtuť není mokrá a počet anorganických materiálů se může dostat do pórů pod tlakem. Zvýšení tlaku rtuti je více koncentrováno do menších pórů a kapilár. Průměr lze vypočítat z rovnice:

$$pd = -4\sigma \cos \theta$$

kde: p - tlak, d - průměr pórů, σ - povrchové napětí rtuti, θ - rtuť a smáčecí úhel analyzovaného materiálu.

1.4 Závěr

Póry ovlivňují vlastnosti materiálu, hlavně co se vlhkosti týče, protože v dutinách se šíří vlhkost snáze a to nám pak ovlivňuje tepelné a jiné vlastnosti materiálu. Je třeba se tímto zabývat a dostatečně odizolovat spodní stavbu.

Použitá literatura

1. EN 15026 Hygrothermal performance of building components and building elements – Assessment of moisture transfer by numerical simulation, Praha, Český normalizační institut, 2007. 28 s.
2. KUTÍLEK, Miroslav. *Vlhkost pórovitých materiálů*, Brno; SNTL; 1984, 211 s.,
3. MRLÍK, František; Vlhkostné problémy stavebních materiálů a konstrukcí. Bratislava; Alfa; 1985; 272 s.
4. http://katedry.fmmi.vsb.cz/635/dokumenty/pdf/materialy_pro_studenty/keramicke_materialy_cviceni.pdf

Kontaktní údaje

Ing. Pavlína Petřvalská
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební
Veveří 331/95, 60200 Brno
Tel: 541141111
email: petrvalska.p@seznam.cz

ODOLNOST POPÍLKOVÝCH SMĚSÍ PROTI MRAZU A VODĚ

RESISTANCE OF ASH STABILIZED MIXES AGAINST FREEZING AND WATER IMMERSION

Václav Mráz, Jan Suda

Abstrakt

Používání popílkových stabilizátů, fluidních popelovin a dalších tuhých produktů spalování a odsíření má dobré předpoklady pro využití do zemních konstrukcí dopravních staveb. V nadcházejících letech lze i s ohledem k předpokládanému pokračování výstavby silniční infrastruktury očekávat větší důraz na využití těchto materiálů. Jednou z možných skutečností limitujících použití některých typů popílku je relativně malá odolnost při opakovaném kontaktu s vodou a vykazování objemových změn. Vzhledem k výše uvedeným negativním vlastnostem popílku, které se vyskytovaly především při opakovaném účinku vody, byla v rámci experimentální činnosti věnována pozornost zkoušce odolnosti popílkových směsí proti mrazu a vodě. Byly navrženy popílkové směsi ze dvou technologií spalování a s různými podíly hydraulického pojiva.

Klíčová slova: popílek, zemní konstrukce, pojivo

Abstract

Utilization of ash stabilizers, fly-ashes from fluidized combustion and other solid products of combustion and desulphurization has good potential for use in roadbed structures of highway construction. In the coming years we can with regard to the expected continuation of the construction of road infrastructure expect increased focus on the use of these materials. One of the possible factors blocking the use of some types of fly-ashes is their relatively little resistance to repeated contact with water and resulting volume changes. Given the above negative properties of fly ash, which occurred mainly in repeated contact with water, it was within the experimental activity devoted to pay attention to testing resistance of these mixes against the combined effect of freezing and water. Ash stabilized mixes were designed with use of ashes from two combustion technologies with different proportions of binder.

Key words: fly-ash, roadbed, earth structures, binder

1 ÚVOD

Produkty z procesu spalování a odsíření lze využít jako materiál k vytváření zemních konstrukcí dopravních staveb. V dopravním stavitelství je v současné době používáno menší množství těchto produktů, než je jejich skutečný výskyt. Jednou z možných omezujících skutečností použití některých typů popílku je relativně malá odolnost při opakovaném kontaktu s vodou a vykazování objemových změn a částečně zhoršené hygienické a ekologické parametry. Nekvalifikované nakládání s těmito materiály znamená jak ztrátu cenné suroviny, tak má za následek postupné zaplňování skládek.

Vzhledem k tomu, že stavba dálnice D11 bude pokračovat v blízkosti dvou velkých zdrojů popílku, a to elektrárny Opatovice a elektrárny Poříčí u Trutnova, mělo by být použito

popílků na těchto stavbách přínosné při dodržení všech projektovaných parametrů dálnice. Rovněž na dalších velkých projektovaných stavbách, např. D8 v Ústeckém kraji, nebo D3 v Jihočeském kraji mají dobré předpoklady pro využití do zemních konstrukcí produkty z Teplárny Ústí nad Labem – Trmice nebo Teplárny Planá nad Lužnicí v případě výstavby D3.

Pro ověření odolnosti popílkových směsí proti mrazu a vodě byly vybrány produkty spalování a odsíření z technologie mokré vápencové vypírky užívané v elektrárně Mělník a technologie fluidního spalování užívané v elektrárně Ledvice.

2 METODICKÝ A KONCEPČNÍ PŘÍSTUP

Pro ověření vlastností popílků byla na katedře silničních staveb ČVUT v Praze, Fakulty stavební u posuzovaných směsí stanovena zpracovatelnost, pevnostní charakteristiky a vzhledem k negativním výsledkům při opakovaném styku s vodou byla provedena zkouška odolnosti proti mrazu a vodě.

V rámci experimentální činnosti byla v popílkových směších z elektrárny Ledvice dále standardně používaná aditiva/pojiva nahrazena anorganickým sypkým pojivem, získaným mechanickou aktivací fluidních popílků.

Efekt mechanické (mechanochemické) aktivace materiálů je dosažen u mnoha látek pomocí vysokoenergetického mletí, které se využívá k zjemnění zrnitosti a zvětšení měrného povrchu řady sypkých látek [5]. Tento fenomén je doprovázen vznikem četných vnitřních defektů a poruch ve vnitřním uspořádání látek, vznikem elektricky aktivních center a tzv. aktivních povrchů. Obecně je mechanochemická aktivace provázána zvýšením hodnot vnitřní energie upravovaných látek [6]. Použití mechanochemicky aktivovaných anorganických materiálů v různých průmyslových odvětvích může do budoucna přinést řadu nových možností zvýšení kvality výrobků, přípravu materiálů s novými vlastnostmi či vyšší přidanou hodnotou, vytvoření nových aplikací či využití v nových odvětvích a pro nové účely. Mechanická aktivace může přinést rovněž velké úspory celospolečenských nákladů a neobnovitelných přírodních zdrojů, protože umožňuje i v tradičních výrobních procesech použít netradičních nebo odpadních vstupních surovin. Jedním ze nejefektivnějších způsobů vysokoenergetického mletí (HEM), kterým lze kromě zjemnění zrnitosti materiálu docílit ve většině případů i jeho významné mechanické aktivace, je tzv. vysokorychlostní mletí (HSG). To se vyznačuje velkým množstvím předané energie částicím upravovaných materiálů na jednotku hmotnosti ve velmi krátkém časovém úseku [7].

K mletí dochází pod vlivem namáhání, resp. změn napěťových polí, působících na částice upravovaných látek. K namáhání může docházet prostřednictvím různých mechanismů [8]. Tyto mechanismy působí v různých mlecích zařízeních v různém poměru a v různé intenzitě. Ve většině klasických zařízení (např. v kulových mlýnech) dochází v podstatě pouze ke zjemňování zrnitosti (zvětšování měrného povrchu). Jen při velmi dlouho trvajícím mletí, které je ekonomicky velmi náročné, dochází i k narušení vnitřní struktury upravovaných materiálů. Tyto mlýny s ohledem ke své produktivitě mají velký objem i hmotnost [9]. V modernějších mlýnech (kulové planetární mlýny nebo vibrační mlýny), působí podobné mechanismy, jako v klasických mlýnech. K procesům však dochází při vyšších rychlostech a s vyšší energetickou účinností [10]. S vyšší intenzitou a rychlostí změn působení napěťových polí začíná kromě zjemňování docházet též ke změnám ve vnitřní struktuře. Tento proces je provázen u různých materiálů výrazným zvýšením hodnot vnitřní energie, tvorbou vyšších podílů mikronových a submikronových částic, vznikem elektricky aktivních center a poruchových sítí, tvorbou velmi členitých tzv. aktivních povrchů částic a k vytváření volných radikálů na tomto povrchu [11]. V některých případech se výrazně snižuje energetická a časová náročnost mletí.

2.1 Zkouška zhutnitelnosti popílku

Laboratorní zkouška zhutnitelnosti popílku představuje významnou zkoušku pro posuzování jejich použitelnosti v dopravním stavitelství. Zhutnitelnost popílku souvisí s tvarem a velikostí částic. Zhutnitelnost směsi se provedla standardní Proctorovou zkouškou dle ČSN EN 13286-2 [1]. Hutnění se zahájilo s prodlevou od zvlhčení směsi, která modeluje zadržení transportem, rozhrnování a další manipulace při reálném ukládání směsi.

Z výsledků zkoušek zhutnitelnosti úletového popílku z elektrárny Mělník vyplývá, že optimální vlhkosti popílkových směsí aditivovaných 6 % vápna jsou jen mírně závislé na obsahu hydraulického pojiva, orientačně kolem 20 %.

Úletový popílek bez aditiv vykazoval optimální vlhkost při hutnění 21 % a úletový popílek z elektrárny Mělník s 6 % CaO vykazoval 20 %.

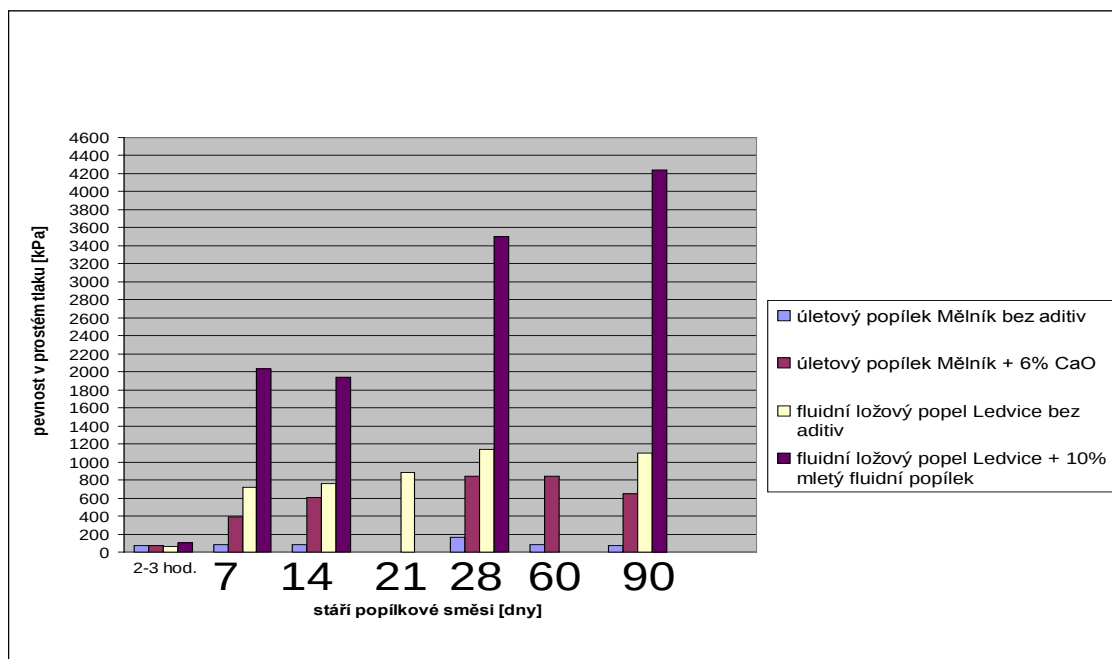
Zhutnitelnost fluidního ložového popela z elektrárny Ledvice se pohybovala okolo 35 %, zhutnitelnost ložového popela s přidáním 10 % mletého fluidního popílku vykazovala 38 %.

2.2 Pevnost v prostém tlaku

Laboratorní zkouška pevnosti v prostém tlaku byla provedena podle ČSN EN 13286-41 [2] při níž zkušební těleso tvaru rotačního válce bylo namáháno rostoucím osovým napětím σ do porušení. Podstatou zkoušky bylo zatěžování zkušební tělesa z popílku jednoosým tlakem za současného měření deformace. Pozornost byla věnována pevnostním charakteristikám po různé době zrání.

Z úletového popílku elektrárny Mělník a ložového popela z elektrárny Ledvice byla v laboratoři hutněním zhotovena zkušební tělesa o rozměrech $R=100$ mm a výšce 120 mm. Zkušební tělesa zrála 7, 14, 21, 60 a 90 dní v laboratorním prostředí v neprodyšném obalu. U zkušební tělesa byla stanovena i okamžitá pevnost po nahutnění, kde připravený vzorek zrál při laboratorní teplotě 20-23°C cca 2 - 3 hodiny.

Získané výsledky zkoušek pevnosti v prostém tlaku ze stabilizátů z elektrárny Mělník a elektrárny Ledvice jsou uvedeny v grafu 1.



Graf 1 Přehled pevností v prostém tlaku hutněných popílkových směsí

Z výsledků grafu 1 je patrné, že nejlepších hodnot pevnosti v prostém tlaku dosahují směsi, kde je zastoupen mletý fluidní popílek, a tudíž splňuje minimální požadované

hodnoty pro pevnost v prostém tlaku dle TP 93 [4]. Mletý (mechanicky aktivovaný) fluidní popílek prověřil míru substituce hydraulických pojiv tímto materiálem.

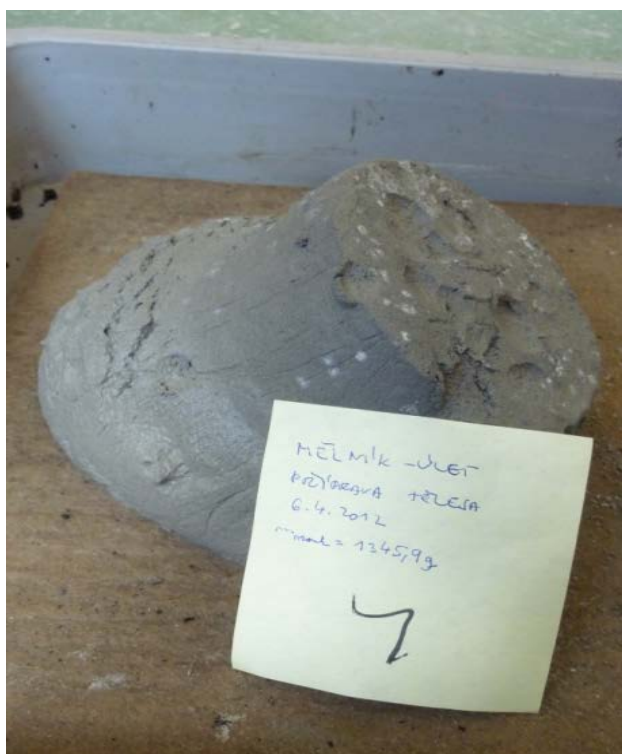
3 STANOVENÍ ODOLNOSTI POPÍLKOVÝCH SMĚSÍ PROTI MRAZU A VODĚ

Příprava zkušebních těles a způsob zrání těles probíhalo stejně jako u zkoušky pevnosti v prostém tlaku. Po dokončení 28 denního zrání se zkušební tělesa umístila na plstěnou podložku částečně ponořenou ve vodě a nechala se kapilárně nasytit do ustálené hmotnosti tak, aby přírůstek hmotnosti po dobu nejméně 1 hodiny nepřekročil 1 %. Všechna zkušební tělesa se kapilárně nasýtla během 20 minut od položení na plstěnou podložku.

Následně se zkušební tělesa umístila do mrazicí skříně na dobu 6 hodin při teplotě -20°C až -22°C . Po zmrazení se zkušební tělesa z mrazicí skříně vyjmula a uložila na dobu 18 hod opět na plstěnou podložku částečně ponořenou ve vodě, aby bylo umožněno jejich další kapilární sycení. Současně s tím probíhalo rozmrazování při teplotě $+20^{\circ}\text{C}$ až $+25^{\circ}\text{C}$. Zkouška pokračovala novým zmrazením a opakovala se v 10 cyklech. Po skončení posledního cyklu se provedla zkouška pevnosti podle ČSN EN 13286-41 [2].

3.1 Odolnost stabilizátu z elektrárny Mělník

U stabilizátu (deponátu) připraveného z úletového popílku EMĚ bez aditiv došlo po 50 minutách od položení na plstěnou podložku ke zborcení tělesa (viz obr. 1).



Obr. 1 Stabilizát (deponát) EMĚ bez aditiv

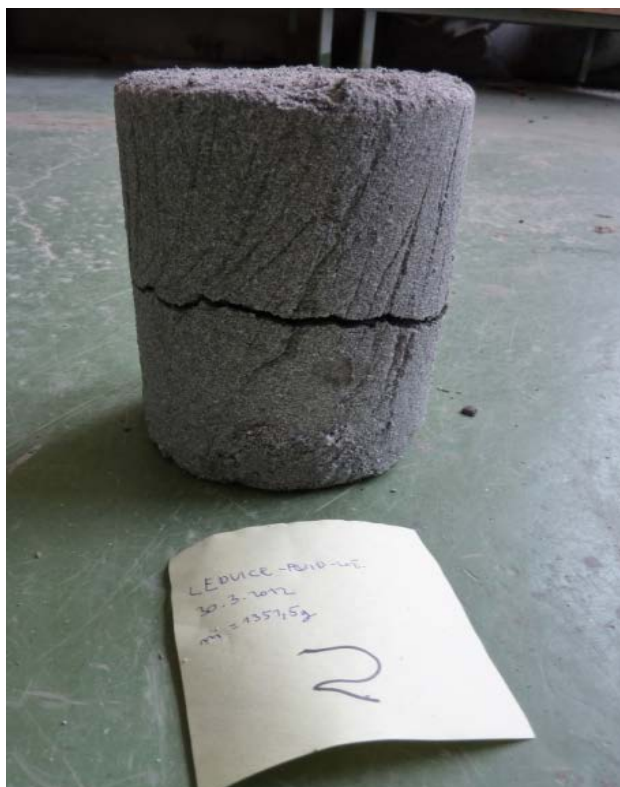
Stabilizát vyrobený z úletového popílku EMĚ s 6 % CaO vydržel 10 cyklů, avšak vykázal drobné podélné a síťové trhlinky (viz obr. 2). Pevnost v tlaku po skončení posledního cyklu klesla na 0,413 MPa, tj. cca na polovinu hodnoty pevnosti zjištěné při návrhu.



Obr. 2 Stabilizát EMČ +6 % CaO

3.2 Odolnost stabilizátu z elektrárny Ledvice

Stabilizát z fluidního ložového popela z elektrárny Ledvice při druhém cyklu vykázal příčnou trhlinu, cca po 4 hodinách zmrazování ve druhém cyklu se těleso roztrhlo (viz obr. 3).



Obr. 3 Stabilizát z ložového popela z elektrárny Ledvice

U stabilizát z fluidního ložového popela s přidáním 10 % mechanicky aktivovaného fluidního popílku se po 10 cyklu vytvořila příčná trhlinka.

Většina připravených vzorků z ložového fluidního popela vystavených zmrazovacím cyklům se sycením mezi zmrazováním rozpadla po vrstevné ploše hutnění.

Vzhledem k tomu, že výsledná hodnota pevnosti v tlaku dle NP normy ČSN EN 14227-5 [3] nesmí být nižší než 85 % hodnoty pevnosti, zjištěné při návrhu směsi, tak ani jedno z těles nevyhovělo z hlediska odolnosti proti mrazu a vodě požadavkům pro aktivní zónu, obsypy a zásypy objektů, přechodové oblasti mostů, spodní podkladní/ochranné vrstvy vozovky.

4 ZÁVĚR

V předkládaném článku je věnována hlavní pozornost odolnosti stabilizátů připravených z tuhých produktů spalování a odsíření z elektrárny Ledvice a elektrárny Mělník proti mrazu a vodě.

Získané výsledky potvrdily, že vyzrálý stabilizát s použitím mletého fluidního popílku dosahuje poměrně vysokých hodnot pevnosti v prostém tlaku a je z hlediska geotechniky plně vyhovující.

Úletový popílek z elektrárny Mělník (EMĚ), a to i s přidáním 6 % CaO nepřichází v úvahu pro stavbu aktivní zóny, obsypů a zásypů objektů, přechodové oblasti mostů, spodní podkladní/ochranné vrstvy vozovky. Žádný ze zkoušených deponátů i stabilizátů z EMĚ nevyhověl požadovaným hodnotám pevnosti v prostém tlaku po 7, 28 ani dokonce 90 dnech zrání. Zvyšování podílu tradičních pojiv u úletového popílku z EMĚ by už naráželo na ekonomickou rentabilitu a od provedení dalších zkoušek se zvýšeným obsahem tradičních pojiv se již opustilo. Využití samostatného úletového popílku lze těžko předpokládat, protože tento popílek lze výhodněji uplatnit jako přísadu do betonu nebo jako jednu ze složek pro výrobu stabilizátu.

Stabilizáty připravené z fluidního ložového popela bez aditiv z elektrárny Ledvice jsou v zásadě možné použít pro stavby zemních konstrukcí dopravních staveb, ale vzhledem k negativním výsledkům cyklické zkoušky odolnosti stabilizátu vůči zmrazování a rozmrazování a značné nasákavosti se jejich využití nejeví příliš perspektivní.

Zkouška odolnosti proti mrazu a vodě ukázala, že stabilizát vyrobený ze zhuštěné zavlhlé směsi s přidáním 10 % mechanicky aktivovaného fluidního popílku zlepšuje charakteristiku odolnosti popílkových směsí proti účinkům vody než stabilizát vyrobený bez aditiv. S použitím tohoto pojiva lze eliminovat některé problémy popílku a ukazuje se možnost téměř úplné náhrady vápna příp. cementu tímto pojivem.

Použitá literatura

1. ČSN EN 13286-2 *Nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy - Část 2: Zkušební metody pro stanovení laboratorní srovnávací objemové hmotnosti a vlhkosti - Proctorova zkouška*, 2011, ÚNMZ.
2. ČSN EN 13286-41 *Nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy - Část 41: Zkušební metoda pro stanovení pevnosti v tlaku směsí stmelených hydraulickými pojivy*, 2004, ČNI.
3. ČSN EN 14227-5 *Směsi stmelené hydraulickými pojivy – Specifikace – Část 5: Směsi stmelené hydraulickými silničními pojivy*, 2008, ČNI.

4. TP 93 Technické podmínky - *Návrh a provádění staveb pozemních komunikací s využitím popílků a popelů*, Praha 2011, Ministerstvo dopravy.
5. Baláž, P., (2008): *Mechanochemistry in Nanoscience and Minerals Engineering*, Chapter 2, High - Energy Milling, Springer, Hardcover, Netherland, ISBN: 9783540748540,
6. Sahebary, M., at all, (2009): *Inception of transformation of hematite to magnetite during mechanical activation: A thermodynamical apporach*, Iranian Journal of Science a Technology, Transaction B, Engeneering, Vol. 33, No. B5, pp 415-424, Shiraz University,
7. Зырянов, В.,(1984): *Сравнение эффективности удара и раздавливания на начальном этапе закачки механической энергии в твердое тело*, УДА — технология, Тезисы докладов III семинара, стр. 23 — 25, СКТБ «Дезинтегратор», ТПО «Пигмент», Тамбов
8. Richter, M., (2002): *Průmyslové technologie – úvod*, Skripta, Fakulta životního prostředí Univerzity J.E.Purkyně, Ústí n.L., [5] Tichánek, F., Botula, J., Řepka, V., Mineral processing, 1st. ed. , VŠB – TU, ISBN 8024808137, Ostrava, 2005
9. Zbirovský, M., Michálek, J., (1983): *Základy technologie*, SNTL Praha,
10. Дистлер Г., Каневский В., (1984): *О некотором общем механизме активации твердых и жидких систем*, УДА — технология, Тезисы докладов III семинара, стр. 6 — 8, СКТБ «Дезинтегратор», ТПО «Пигмент», Тамбов,
11. Хинт, Й., (1981): *УДА — Технология, Проблемы и перспективы*, изд. Валгус, Таллин.

Poděkování

Prezentované výsledky byly získány za podpory Studentské grantové soutěže ČVUT v rámci projektu SGS12/039/OHK1/1T/11 „Návrhové parametry a vybrané funkční charakteristiky asfaltových směsí prováděných za studena“

Kontaktní údaje

Mgr. Václav Mráz
 České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební
 Thákurova 7, 166 29 Praha 6 - Dejvice
 Tel: 224 354 353
 email: vaclav.mraz@fsv.cvut.cz

TRENDY STAVEBNĚ TECHNOLOGICKÉ PŘÍPRAVY
TRENDS OF BUILDING TECHNOLOGY PREPARATION

TVORBA DIGITÁLNYCH 3D MODELOV ÚZEMIA PRE POTREBY PROJEKČNÝCH A STAVEBNÝCH PRÁC

CREATING DIGITAL 3D MODELS OF THE TERRITORIES FOR DESIGNING AND CONSTRUCTION WORKS

Ján Ježko

Abstrakt

Základné pojmy v oblasti teórie a tvorbe 3D modelov území a digitálnych modelov území. Georeliéf ako geometrické pole výšok v gravitačnom poli Zeme. Programové prostriedky používané pri tvorbe geodetických podkladov pre potreby tvorby projektovej dokumentácie, kataster nehnuteľností a pozemkové úpravy.

Kľúčové slova: *digitálny model územia, 3D model, georelief*

Abstract

Basic concepts in the field of theory and creation of the 3D models and digital models of the territories. Georelief as geometric field of heights in gravitational field of the Earth. Software tools used for creation of the surveying basis to create design documentation, real estate cadastre and land consolidation.

Key words: *digital model of the territory, 3D model, georelief*

1 ÚVOD

Príspevok sa zaoberá problematikou tvorby 3D modelov územia geodetickými metódami využívanými pre potreby projekčnej a stavebnej činnosti. Tvorba 3D modelov územia má súčasným obdobím zásadný teoretický, ale i praktický význam v rôznych aplikáciách. Počítačové prostredie umožňuje efektívne riešiť túto problematiku, modelovať a popisovať rôzne prírodné javy a získavať o nich informácie potrebné pri riešení technických projektov.

2 TEÓRIA 3D MODELOV ÚZEMÍ A DIGITÁLNYCH MODELOV

V publikáciách zaoberajúcich sa priestorovými modelmi často dochádza k nepresnostiam vo výklade významov, pojmov a skratiek danej problematiky. Charakteristiky a opis jednotlivých druhov modelov sú uvedené v nasledujúcom texte.

Digitálny model reliéfu – DMR

Reliéf je spojená plocha, ktorá v oblasti kontinentov oddeľuje pevnú časť Zeme od atmosféry. Podľa terminologického slovníka geodézie, kartografie a katastra je reliéf definovaný ako povrch Zeme so všetkými svojimi nerovnosťami. Priebeh tejto plochy sa určuje vzhľadom k ploche geoidu, resp. k ploche kvázigeoidu pomocou nadmorských výšok. Jeho charakter je výslednicou rozlične pôsobiacich síl, pričom sám výrazne ovplyvňuje mnohé procesy a javy v krajine ako aj aktivity ľudskej spoločnosti. Digitálny model reliéfu (DMR) predstavuje množinu priestorovo priradených údajov (nadmorská výška reliéfu a prípadne morfometrické ukazovatele, napríklad sklon, orientácia voči svetovým stranám, krivosti a pod.) vypočítaných na základe vstupných údajov a vhodnej interpolačnej metódy [4, 5]. DMR ďalej delí na DVM, DMP, DMT a DMK.

Digitálny výškový model – DVM (angl. digital elevation model – DEM)

Podľa [1] je definovaný ako termín, popisujúci digitálne zobrazenie topografického povrchu. Hodnoty nadmorskej výšky povrchu môžu byť zobrazené v rôznych formách, napr. vrstevnicami, diskretným bodovým poľom (výškové body), líniami terénnych zlomov, pravidelnou mriežkou, TINom atď. DVM je postavený iba na bodoch, ktoré reprezentujú nadmorské výšky (nepoužíva línie a polygóny).

Digitálny model terénu – DMT (angl. digital terrain model – DTM)

Podľa [6] sa uvádza, že slovo terén ma pôvod vo vojenstve a spravidla sa tým rozumie zemský povrch (bez stavieb a vegetačného krytu), vyjadrený na mape generalizovane topografickou plochou. Topografická plocha je definovaná spravidla formou výškových údajov uzlových bodov vhodne zvolenej siete či mriežky (angl. GRID). DMT pracuje so všetkými typmi prvkov (body, línie, polygóny) a reprezentuje priebeh terénu, bez objektov na ňom sa nachádzajúcich.

Digitálny model povrchu – DMP (angl. digital surface model – DSM)

Vyjadruje nie len zemský povrch, ale i povrch všetkých objektov na ňom (strieň, korún stromov a pod.). Vzniká pri automatizovanom vyhodnotení leteckých snímok na princípe obrazovej korelácie [6].

Digitálny model krajiny – DMK (angl. digital landscape model – DLM)

Môžeme sa tiež stretnúť s pomenovaním Digitálny model územia – DMÚ. Ide o základnú bázu geografických dát a súbor programových prostriedkov ku zberu, spracovaniu, aktualizácii a distribúcii geografickej informácie o území (V Českej republike napr. ZABAGED a DMÚ25), [6]. DMK vychádza z DMT alebo DVM a sú do neho doplnené i objekty nachádzajúce sa na povrchu, ako sú domy, stromy, cesty a pod.

2.1 Základné morfometrické veličiny

Georeliéf je uvažovaný ako geometrické pole výšok uvažované v gravitačnom poli Zeme. Kvantitatívne morfologické veličiny boli definované tak aby vzhľadom na pôsobenie gravitačnej sily mali geometrický a zároveň aj fyzikálny charakter. Morfometrické veličiny sú vyjadrené na základe princípov diferenciálnej geometrie pomocou derivácií funkcie dvoch premenných $z = z(x, y)$, [2].

Ďalej sú charakterizované jednotlivé morfometrické veličiny, ktoré sa najčastejšie používajú pri určovaní charakteristík terénu a jeho analyzovaní.

Výška

V praxi sa najčastejšie stretávame s výškami, ktorej referenčnou plochou je plocha geoidu. Jednotlivé výškové hladiny hodnôt výšky h môžeme chápať ako ekvipotenciálne hladiny tiažového poľa Zeme. Priemety týchto hladín s georeliéfom sú izočiary výšok georeliéfu. Izočiary skalárneho poľa výšok môžeme vyjadriť rovnicou [4]:

$$z(x, y) = C, \quad (2.1)$$

Kde premenný parameter $C \in \langle z_{\min}, z_{\max} \rangle$, [2].

Vektor gradientu výšok

Dôležitým ukazovateľom priestorového rozloženia hmôt výšok z je zmena skalára z o hodnotu dz v smere normály k vrstevniciam n' na element dĺžky dn' . Derivácia funkcie $z = z(x, y)$ v smere normály k vrstevnici má po zanedbaní nekonečne malých veličín druhého rádu podľa [2] tvar:

$$\frac{\partial z}{\partial n} = (z_x \mathbf{i} + z_y \mathbf{j}) \left(\frac{dx}{dn} \mathbf{i} + \frac{dy}{dn} \mathbf{j} \right). \quad (2.2)$$

Sklon georeliéfu v smere spádnice

Podľa [2] je sklon georeliéfu v smere spádnice γ_N definovaný ako uhol, ktorý zvierá dotyková rovina σ_{P_i} v ľubovoľnom bode P_i s rovinou paralelnou so skalárnou bázou σ_n .

$$\gamma_N = \arctg |\text{grad } z| = \arctg \sqrt{z_x^2 + z_y^2}. \quad (2.3)$$

Orientácia georeliéfu voči svetovým stranám

Uhol A_N vyjadruje uhol v rovine (x, y) medzi základným smerom určeným jednotkovým vektorom $\mathbf{i}$ (kladnou polosou x) a jednotkovým vektorom $-\mathbf{n}'^0$, ktorý leží v rovine paralelnej s rovinou (x, y). Vzťah pre uhol A_N vyjadril [2] ako:

$$A_N = \arccos \left(\frac{-z_x}{\sqrt{z_x^2 + z_y^2}} \right) = \arcsin \left(\frac{-z_y}{\sqrt{z_x^2 + z_y^2}} \right) = \arctg \left(\frac{-z_y}{-z_x} \right). \quad (2.4)$$

O uhle A_N ako o orientácii plochy georeliéfu voči svetovým stranám môžeme hovoriť až po určení základného smeru súradnicovej sústavy vzhľadom na svetové strany.

Normálová krivosť v smere dotýčnice k spádnici

Krivosti plochy georeliéfu v ľubovoľnom smere patria medzi morfometrické veličiny druhého rádu. Normálová krivosť v smere dotýčnice k spádnici v každom bode plochy P_i je krivosť normálového rezu v tomto bode, ktorý je prienikom roviny σ_{Nn} obsahujúcej normálu plochy georeliéfu v bode P_i a zároveň dotýčnicu k spádnici n v bode P_i . Rovina rezu je kolmá na dotykovú rovinu σ_{P_i} plochy georeliéfu v bode P_i . Normálová krivosť v smere dotýčnice k spádnici je vo [2] definovaná vzťahom:

$$(K_N)_n = - \frac{z_{xx}z_x^2 + 2z_{xy}z_xz_y + z_{yy}z_y^2}{(z_x^2 + z_y^2)\sqrt{(z_x^2 + z_y^2 + 1)^3}}. \quad (2.5)$$

Normálová krivosť v smere dotýčnice k vrstevnici

Normálová krivosť v smere dotýčnice k vrstevnici v každom bode plochy P_i je krivosť normálového rezu v tomto bode, ktorý je prienikom roviny σ_{Nt} obsahujúcej normálu plochy georeliéfu v bode P_i a zároveň dotýčnicu k vrstevnici t v bode P_i . Rovina tohto rezu podobne ako všetky roviny obsahujúce normálu je kolmá na dotykovú rovinu σ_{P_i} plochy georeliéfu v bode P_i . Normálová krivosť v smere dotýčnice k vrstevnici je vo [2] definovaná vzťahom:

$$(K_N)_t = - \frac{z_{xx}z_x^2 - 2z_{xy}z_xz_y + z_{yy}z_y^2}{(z_x^2 + z_y^2)\sqrt{(z_x^2 + z_y^2 + 1)^3}}. \quad (2.6)$$

Horizontálna krivosť

Horizontálna krivosť plochy georeliéfu v každom bode P_i vyjadruje priamu krivosť vrstevnice v tomto bode. Vzťah pre vyjadrenie veľkosti horizontálnej krivosti má tvar [2]:

$$K_r = - \frac{z_{xx}z_x^2 - 2z_{xy}z_xz_y + z_{yy}z_y^2}{\sqrt{(z_x^2 + z_y^2)^3}}. \quad (2.7)$$

Diskriminant druhej Gaussovej diferenciálnej formy

Diskriminant druhej Gaussovej diferenciálnej formy je špecifická veličina, ktorá popri spomenutých veličinách krivosti georeliéfu, predstavuje dôležité štruktúrne geometrické vlastnosti v nekonečnom okolí každého bodu P_i . Na rozdiel od ostatných morfometrických veličín nemá súvis s gravitačným poľom Zeme, vyjadruje celkovú charakteristiku za všetky smery. Vo [2] je diskriminant druhej Gaussovej diferenciálnej formy vyjadrený vzťahom:

$$D_2 = \frac{z_{xx}z_{yy} - z_{xy}^2}{1 + z_x^2 + z_y^2}. \quad (2.8)$$

Najdôležitejšou vlastnosťou pre modelovanie sú geometrické vlastnosti georeliéfu charakterizované množinou morfometrických veličín. Vzhľadom k tomu, že model je tvorený v určitej mierke $1:M$ a jej zodpovedajúcej rozlišovacej schopnosti U uvažujeme o topografickej ploche reliéfu, ktorá predstavuje príslušne vyhl'adenú plochu vzhľadom na rozlišovaciu úroveň U . Miera priblíženia sa geometrie modelu geometrii plochy georeliéfu je kľúčová v otázke použiteľnosti 3D modelu územia. Použitie DMR je tiež obmedzené podmienkou, že plocha modelu musí byť funkciou „ x , y “, teda každému bodu pôdorysu je priradená práve jedna súradnica „ z “. Pomocou takto vytvoreného digitálneho modelu je možné vyhotoviť rôzne druhy podkladov pre projektové práce, pre účelových máp i iné geodetické podklady [4].

3 PROGRAMOVÉ PROSTRIEDKY NA TVORBU 3D MODELOV ÚZEMIA A TVORBU MAPOVÝCH PODKLADOV

Pri tvorbe geodetických podkladov pre kataster nehnuteľností, pozemkové úpravy a za účelom tvorby projektovej dokumentácie sa kladú vysoké požiadavky na ich presnosť. V digitálnom prostredí môžeme modelovať a popisovať rôzne prírodné javy a získavať o nich informácie potrebné pri riešení technických projektov.

Vstupom pre vytvorenie modelu georeliéfu sú informácie o nadmorskej výške na určitých miestach. Je to konečná podmnožina bodov z nekonečnej množiny bodov plochy georeliéfu [2].

Programových prostriedkov, ktoré umožňujú spracovanie a vizualizáciu nameraných údajov je v súčasnosti na trhu viacero. Podľa spôsobu a typu ich môžeme začleniť do samostatných skupín:

- Programy, ktoré umožňujú spracovanie údajov a výpočet súradníc podrobných bodov (napr. Groma, Geus). Na vytvorenie grafiky potrebujeme samostatný programy (napr. MicroStation, AutoCAD a KOKEŠ).
- Programové prostriedky zamerané najmä na tvorbu grafiky, výpočtovým prácam sa venujú v minimálnej miere (napr. MicroStation, AtlasDMT, AutoCAD)
- Programy, ktoré sú schopné spracovávať a analyzovať namerané údaje a zároveň poskytujú grafickú prezentáciu týchto údajov (napr. KOKEŠ, MicroSurveyCAD) Do tejto skupiny však môžeme zaradiť a program MicroStation ak obsahuje nadstavbu TerraModeler alebo MGEO.

Na tvorbu digitálnych modelov reliéfu je vhodné zvoliť programové prostriedky, ktoré umožňujú priamo generovať a vizualizovať 3D (resp. 2,5D) model územia. Tieto grafické systémy fungujú na princípe modelovania zemského povrchu pomocou analytických funkcií.

V dobe keď sa kladú aj vysoké požiadavky na automatizáciu a rýchlosť zberu údajov v teréne je potrebné zaoberať sa kvalitou a funkčnosťou softvérov, používaných v prístrojoch na meranie. Takmer každý výrobca prístrojov na meranie, či už GNSS prijímačov alebo univerzálnych meracích staníc, dodáva k týmto vlastné softvérové vybavenie. Existujú však softvéry, ktoré dokážu urýchliť a zefektívniť meranie. Podstatou fungovania takýchto softvérov je, že to dokážu vytvárať základ výkresu priamo v teréne a tým v značnej miere odpadá kancelárske spracovanie. Jedným z takýchto softvérov je aj **FieldGenius**, z obľubou používaný najmä v zahraničí (najmä Kanada, USA) [9].

3.2 Grafické softvéry používané pri spracovaní a tvorbe geodetických podkladov

V súčasnej dobe existuje na trhu viacej softvérov a nadstavieb určených na tvorbu 3D modelov, grafických výstupov a niektoré umožňujú vykonávať aj priestorové analýzy. Medzi najznámejšie programy patria MicroStation s nadstavbou TerraModeler, Atlas DMT, MicroSurvey CAD a AutoCAD. Výber konkrétneho programu závisí najmä od formy požadovaných výsledkov a v neposlednom rade aj od finančnej dostupnosti [4, 8, 10].

3.2.1 Grafické prostredie MicroStation s nadstavbou TerraModeler

MicroStation patrí medzi hlavné produkty spoločnosti Bentley Systems. Pracuje ako 2D alebo 3D CAD (Computer Aided Design) systém, používaný pri navrhovaní, výstavbe, prevádzke a správe objektov infraštruktúry. Širokú paletu funkcií produktu MicroStation využívajú architekti, konštrukční a a stavební inžinieri ako aj odborníci v oblasti geodézie a GIS. Pracuje s vlastným formátom DGN (z angl. design) a podporuje import už hotových vektorových grafických údajov: DWG/DXF, IGES, CGM, GRD ako aj rastrové údaje: JPEG, GIF, TIFF, atď. Ponúka výstup do DWG/DXF, IGES, CGM a GRD a iné špeciálne tvary, napr. RIB, ako štandard pre potreby priestorového modelovania. Model vytvorený v 3D priestore je možné vizualizovať a získať tak fotorealistický obraz návrhu. TerraModeler vyznačuje týmito základnými črtami [8]:

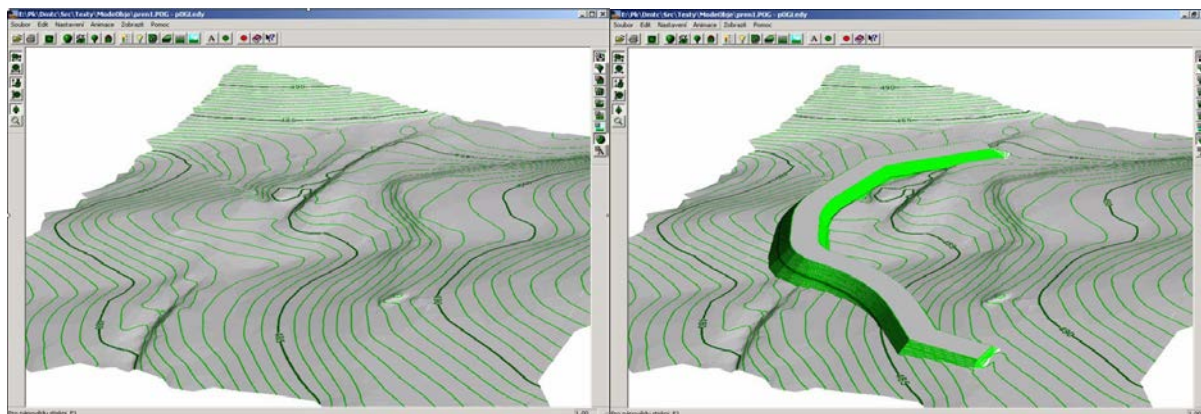
- Generuje triangulované (TIN, Triangulated Irregular Network) priestorové útvary buď z údajov získavaných geodetickým meraním, alebo odvodených z prostredia grafického podkladu či importom z XYZ textového súboru.
- Generuje izolíniové diagramy, čím poskytuje možnosť grafického zobrazovania napr. teplotných pomerov v priestore, intenzity hluku v mestskej zástavbe, alebo priestorovú kontamináciu spôsobenú znečistením, a pod.
- Umožňuje zobrazenie trojakým spôsobom:
 - v podobe priestorového triangulovaného plášťa,
 - v podobe izočiari,
 - v podobe pravidelnej siete s definovanou hustotou (GRID).
- Umožňuje gradovať farebný vzhľad povrchu podľa jeho elevácie.
- Umožňuje interaktívne editovanie, napr. vloženie bodu do siete modelu, zrušenie bodu v sieti modelu, vyhladzovanie povrchu podľa definovanie elevácie, tvarovanie povrchu presunom jeho bodov, vytváranie otvorov v povrchu, atď.
- Meria a generuje svahovitost' terénu.
- Poskytuje funkcie na ručné kreslenie po povrchu modelu alebo automatické kladenie grafických objektov na povrch modelu (napr. zatrávnenie parku, zalesnenie záhrady).
- Prepočítava objemové údaje medzi definovanými povrchmi, čo je praktické v prípade plánovania výkopových prác alebo ťažby hornín.
- Vykresľuje priestorové profily (rezy) vytvorených povrchov.

3.2.2 Grafické prostredie Atlas DMT

Program Atlas DMT sa používa na tvorbu a upravovanie digitálnych modelov terénu a na vytváranie grafických výstupov nad nimi. Program umožňuje spracovávať výškopisné údaje - textové súbory z geodetických zápisníkov (totálnych staníc, GNSS), fotogrametrie, Kokeša alebo z formátu Hydroinform.

Digitálny model terénu je možné od verzie 4.0 programového systému upravovať priamo v jeho hlavnom grafickom poli. Model terénu je v dátovo reprezentovaný skupinou súborov uložených na disku s rovnakým názvom a rôznou príponou (.bod, .bpr, .hrn, .trj, .rbo, a prípadne .dmi). Pre editáciu modelu terénu sa vkladá do listu dokumentu objekt model terénu. Súčasťou dokumentu sú však len informácie o jeho zobrazení a odkazy na vstupné súbory modelu terénu na disku. Každá zmena v modeli terénu (nemyslí sa zmena v jeho zobrazení) sa zapisuje do príslušných diskových súborov. Zmena zobrazenia sa zapisuje do dokumentu, ak dokument uložíme. Priestorové výstupy ako terénne profily, rezy, kubatúry, vrstevnice, farebné výplne, 3D plochy atď. sú reprezentáciou DMT, pričom nedochádza k zmene vstupných údajov potrebných na tvorbu DMT. Program Atlas DMR umožňuje generovať nasledovné výstupy [4, 10]:

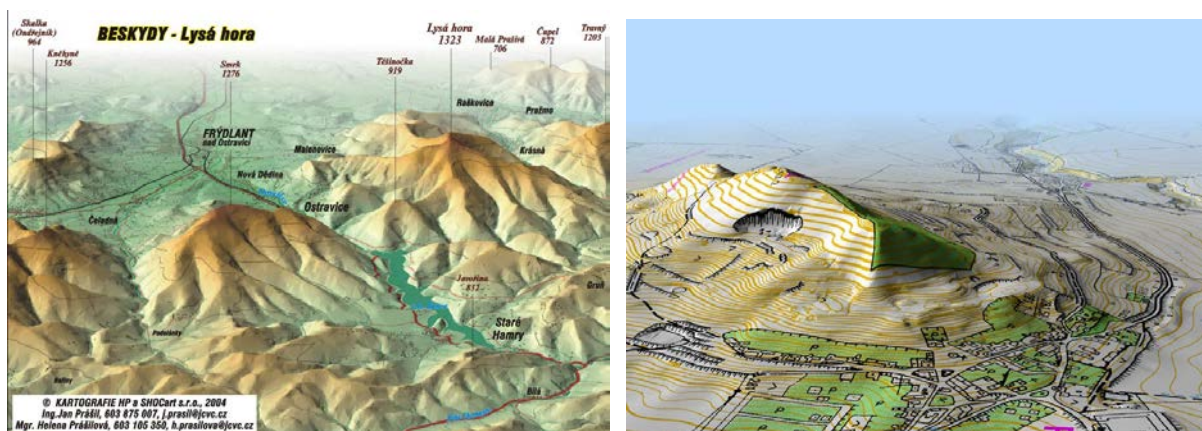
- *Kubatúry a rezy:* kubatúry medzi dvomi plochami, rozdielový model medzi dvomi plochami, priesečnice plôch (terénov), zjednodušený výpočet kubatúr kôp alebo jám, profily a rezy nad jedným alebo viacerými terénmi, automatické odvodzovanie profilov alebo pričných rezov podľa trás zadaných v projekte
- *Projektované terénne úpravy:* podľa zadanej línie sa dajú navrhovať terénne tvary (kopy, jamy, svah, zárez, násyp, stena) (obr. 3.1)



Obr. 3.1: Projektovanie terénnych úprav

- *Vrstevnice a farebné výplne:*

Pohľadové mapy: perspektívny pohľad na terén, pokrytie terénu rastrom alebo ich kombináciou, efekt hmlý, osvetlenia terénu, atď. (obr. 3.2), [10].



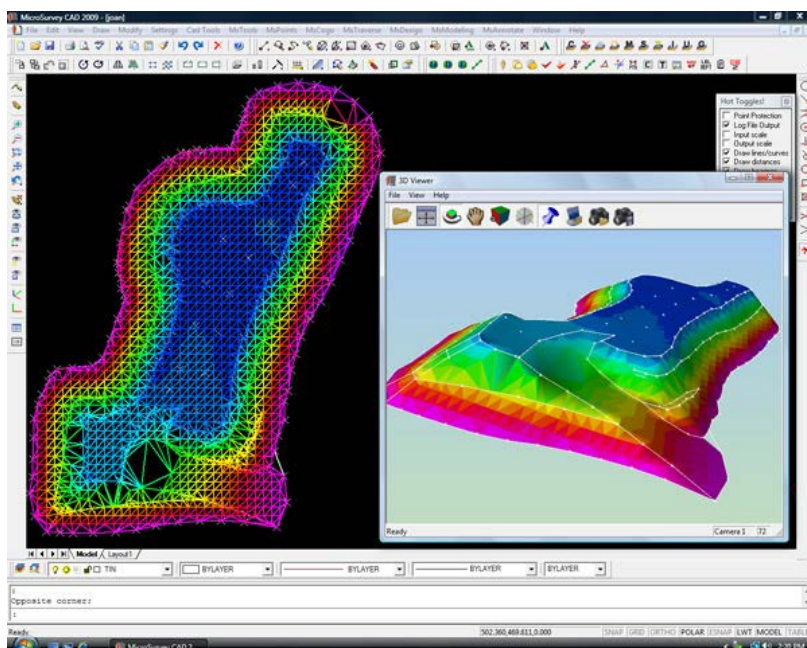
Obr. 3.2: Pohľadové mapy

2.2.3 Grafické prostredie MicroSurvey CAD

MicroSurvey CAD je kompletný geodetický CAD softvér pre PC vyvinutý nad jadrom IntelliCAD. Hlavné menu, ovládacie panely a príkazy má veľmi podobné ako AutoCAD a je s ním plne kompatibilný. MicroSurvey CAD otvára a ukladá priamo AutoCad výkresy a používa DWG ako natívny formát. V programe je možné používať *.shx súbory, fonty, typy čiar a súbory šráf z AutoCADu a to bez zmeny.

Základné nástroje, ktoré ponúka MicroSurvey CAD:

- *Aktívna výkresová technológia* umožňuje kontrolu, editáciu, tlač a manipuláciu s dátami vo výkrese, v zozname súradníc, v zápisníku aj počas súradnicových geodetických výpočtov.
- *Aktívny zoznam súradníc* umožňuje dynamicky zobrazit' a editovať zoznam súradníc, pričom každá zmena sa prejaví okamžite v zozname súradníc aj vo výkrese. Ak vyberieme bod vo výkrese, otvorí sa okno so zoznamom súradníc a automaticky sa v ňom vyznačí vybraný bod a naopak.
- *Aktívny zápisník* meraných dát sa zobrazuje v inteligentnej tabuľke (podobne ako v programe Excel). Aktívny zápisník umožňuje rýchlo pracovať s meranými dátami a tiež si prispôbiť zobrazenie v tabuľke a pracovať súčasne s viacerými zápisníkmi.
- *Dávkové geodetické výpočty* sú systém pre zadávanie údajov a výpočtov, ktorý umožňuje prezerat' celú históriu geodetických výpočtov, rýchlo nájsť chyby a jednoducho urobiť zmeny. Geodetické výpočty sa zobrazujú v tabuľke a farebne sú označené jednotlivé typy úloh (polárna metóda, pretínanie z uhlov, z dĺžok atď.)
- *Vykresľovanie DTM, modelovanie objemov* s veľmi rýchlym modelovacím jadrom je možné rýchlo manipulovať s terénom pridaním alebo zrušením bodov, pracovať s hranami a vytvárať ohraničenia. V programe je možné vytvoriť TIN model v priebehu pár sekúnd. Objemy sú počítané ľahko a rýchlo medzi viacerými plochami alebo medzi povrchom a nadmorskou výškou. MicroSurvey CAD vizualizuje pomocou 3D renderovaných pohľadov (obr. 3.3)



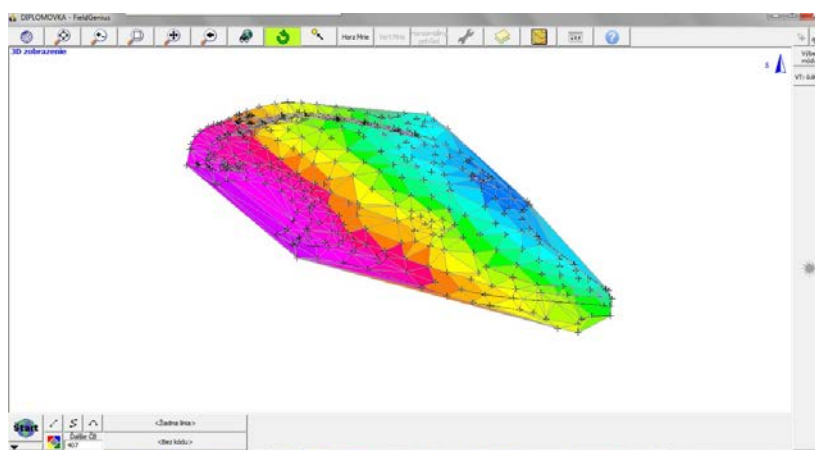
Obr. 3.3: Tvorba DMR v programe MicroSurvey CAD (prevzaté s <http://microsurvey.com>) (Informácie čerpané z: <http://www.villa.sk>)

2.2.4. FieldGenius

Softvér FieldGenius od výrobcu MicroSurvey bol navrhnutý pre využitie v geodézií a v stavebníctve. Program podporuje väčšinu univerzálnych meracích prístrojov vyrobených od roku 1985 a má vstavanú podporu pre všetky GNSS prijímače, poprípade je možné ho nainštalovať do poľného počítača, PDA zariadenia, alebo tabletu, ktorý sa prepojí s meracím zariadením pomocou dátového kábla alebo Bluetooth vysielacky. Z pohľadu geodézie je veľkou prednosťou softvéru jeho výkonnosť a produktivita [9]:

- Prednosťami programu je možnosť tvorby línií bez kódovania, čo značne šetrí čas. Línie sa vytvárajú automaticky bez vkladania kódov a sú zobrazené na obrazovke a nie je potrebné robiť náčrt a následne spájať línie po bodoch.
- FieldGenius dokáže vytvoriť a používať 3D model terénu z existujúcich podkladov (napr. bodov), alebo vytvoriť DMT počas merania. TIN model a vrstevnice sa automaticky aktualizujú po každom zameranom bode.
- Namerané údaje s FieldGenius je možné takmer okamžite exportovať do rôznych typov súborov ako ASCII, DXF, XML alebo ESRI.
- Program umožňuje pripojiť georeferencované rastrové súbory (obrázky, mapy) a tak vytvoriť podklad pre meranie a zvýšiť kontrolu merania.

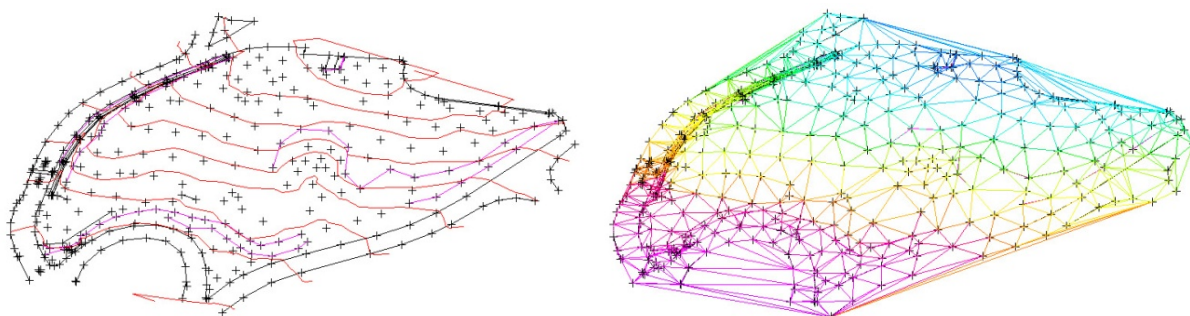
Tvorba meračského náčrtu nie je potrebná - je nahradená použitím zariadenia Archer Field PC s programom FieldGenius. Ďalšou výhodou tohoto riešenia je, že zariadenie je možné používať aj pri zbere údajov v teréne (s GNSS anténou i s univerzálnou meračskou stanicou) a celé meranie môže prebiehať v jednom súbore (jobe). Pri podrobnom meraní 3D modelu územia je vhodné využiť modul LandXML, v ktorom je každému bodu pridaný kód z knižnice kódov, ktorú program obsahuje. TIN model a vrstevnice používané na vizualizáciu 3D modelu územia sa aktualizovali po každom zameranom bode (obr.3.4).



Obr. 3.4: Zobrazenie 3D modelu počas merania

Takéto dynamické generovanie umožňuje kontrolovať priebeh terénu a vhodnosť zvolených bodov na ňom a tak obmedziť vznik priestorov s nižšou hustotou bodov. Farebné zobrazenie digitálneho modelu poskytuje tiež kontrolu hrubých chýb. Pri zameriavaní líniových prvkov ako napr. cesty, jarky alebo terénne hrany je vhodné využiť možnosť vytvárania 3D línií priamo v programe. Línie sú vytvárané priebežne bez potreby dopĺňania kódov (kódovania). Pri súčasnom použití viacerých línií (meranie jarku), program sám inteligentne rozozná práve meranú líniu. Výsledkom merania je *.txt súbor zo zoznamom

súradníc podrobných bodov, súbor *.dxf s 3D líniami vytvorenými počas merania a súbor *.dxf, ktorý obsahuje značky, priradené k bodom podľa kódu (obr.3.5). Všetky súbory slúžia ako vstupné súbory pri spracovaní v grafických softvéroch.



Obr. 3.5: Možnosti zobrazenia meraných bodov, línií a 3D modelu územia počas merania v programe FieldGenius

4 MOŽNOSTI VIZUALIZÁCIE 3D MODELOV

Základné metódy vizualizácie DMR v zásade závisí na tom, či budú objekty zobrazované v 2D alebo 2,5D (popr. 3D). Podľa dimenzie sa v modelovaní rozlišujú:

- 2D objekty – jedná sa o rovinnú grafiku,
- 2,5D objekty – predstavuje prechod od 2D k 3D objektom. Sú to v podstate 2D objekty, ktoré majú v bodoch (x,y) definovaný tretí rozmer (súradnice z) ako atribút,
- 3D objekty – je možné ich považovať za plnohodnotné telesá, čo znamená, že ku každému bodu (x,y) existuje množina súradníc (z),
- 4D objekty – k 3D objektom je pridaný ďalší rozmer, ktorým je najčastejšie čas.

Medzi základné metódy pre 2D a 2,5D je možné zaradiť metódu vrstevníc, farebnej hypsonometrie, tieňovania reliéfu, technické šráfy pre 2,5D navyše metóda siete vertikálnych rezov. Ďalej je možné využiť i tzv. pokročilé metódy vizualizácie, ktoré sú však bežnejšie skôr v 3D počítačovej grafike.

Pre vizualizáciu DMR metódou *vrstevníc* môžu byť použité vrstevnice vygenerované z GRIDu alebo TINu. Pri vizualizácii pomocou *farebnej hypsonometrie* dochádza k priradeniu farebného tónu jednotlivým pixlom spájajúcim do zvolených intervalov – výškových stupňov. Hranice intervalov by mali zodpovedať niektorej zo štandardných stupníc. Hypsonometrická stupnica farebných tónov a odtieňov najčastejšie zodpovedá radu: modrozelená - zelená - zelenožltá - žltá - žltohnedá - oranžovohnedá - hnedá - hnedočervená [7]. *Metóda tieňovaného reliéfu* priradzuje najsvetlejšie odtiene pixlom, ktorých normála zvierá najmenší uhol zo smerom potenciálne dopadajúcich slnečných lúčov a naopak. *Metóda siete vertikálnych rezov* vychádza z dvoch na seba kolmých systémoch vertikálnych rezov. Pre reálnejšiu vizualizáciu objektov je možné použiť i tzv. pokročilé metódy, ktoré sa primárne využívajú skôr v grafike počítačových hier ako pri vizualizácii digitálnych modelov reliéfu. Rozvoj nových 3D technológií významne rozširuje možnosti dynamickej vizualizácie. Príchod vysoko kvalitných a rýchlych vyjadrovacích techník umožňuje interaktívny prieskum a interaktívne animované prezentácie. Potreba meniť 3D pohľady v reálnom čase je základom pre využitie virtuálnej reality, ktorá poskytuje užívateľovi pocit, že je schopný v reálnom čase manipulovať alebo dotýkať sa modelu reprezentovaného v 3D priestore [3].

5 ZÁVER

Tvorba 3D modelov a získavanie informácií o území sú dôležitým prvkom v procese plánovania a realizácie dopravných, energetických, priemyselných, ekologických i občianskych stavieb. Aj v tomto procese je potrebné poznať priestorovú dimenziu – údaje o polohe a umiestnení týchto objektov na zemskom povrchu, i o ich tvare a rozmeroch. Tieto úlohy vyžadujú kvalitné mapové podklady, ktoré vzhľadom na súčasné trendy automatického projektovania sú najčastejšie realizované v digitálnej forme v prostredí vhodného interaktívneho grafického systému na PC v tvare 3D.

Použitá literatúra

1. ČULÁKOVÁ, K. – OFÚKANÝ, M. 2003, *Presnosť digitálneho modelu reliéfu územia PVOD Kočín*. In: Pozemkové úpravy v podmienkach EÚ, Pedagogické listy 10/2003, KMPÚ Stavebná fakulta STU Bratislava 2003.
2. FECISKANIN, R., *Optimalizácia nepravidelných trojuholníkových sietí pre modelovanie georeliéfu*: dizertačná práca. Brno: Masarykova univerzita, 2009. 132 s.
3. KADLČÍKOVÁ, J., *DMR a jeho vizualizace*, In: GIS Ostrava 2007, Ostrava, Dostupné na internete: http://gis.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2007/sbornik/Referaty/Sekce7/Kadlcikova_GIS-Ostrava07.pdf
4. PAULÍK, J., *Tvorba 3D modelov geodetickými metódami*: diplomová práca. Bratislava, Katedra geodézie, SvF STU, 2011. 56 s.
5. PODHORANYI, M. a kol., *Digitálne výškové dáta pre modelovanie povodní: Hodnotenie presnosti DMR*, In: GIS Ostrava 2011, Ostrava, Dostupné na internete: http://gis.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2011/sbornik/papers/Podhoranyi.pdf
6. ŠÍMA, J., *Musíme používať pracovní slang při prezentacích a v publikacích o geografických informačních systémech?*. In: Sborník s konference GIS Ostrava 2002, Ostrava, 2002.
7. VOLEŽNÍK, V., *Aplikovaná kartografie I – tematické mapy*. Vydavatelství UP, 1999, Olomouc. ISBN 80-7067-971-9.
8. <http://ornth.sk/media/spravodaj/10-14/spravodaj-10-14.pdf>
9. http://ftp.villa.sk/podpora/mscad/MicrosurveyCAD_2010_Brozura_SK.pdf
10. <http://www.atlasltd.cz/>

Kontaktné údaje

Ing. Ján Ježko, PhD.,
Katedra geodézie, SvF STU,
Radlinského 11, 813 68 Bratislava,
tel.: +421 2 59274 338,
e-mail: jan.jezko@stuba.sk

NAVRHNUTIE OPTIMÁLNEHO POČTU SVIETIDIEL NA STAVENISKU – NEVYHNUTNOSŤ ALEBO NUTNOSŤ?

DESIGNING THE OPTIMAL NUMBER OF LIGHTS ON-SITE - NECESSITY OR NEED

Pavol Orosi, Peter Makýš

Abstrakt

Umelé osvetlenie na stavenisku sa využíva najmä počas nočnej prevádzky. Na základe sledovaní osvetlenia a osvetľovacích telies na viacerých staveniskách sa ukázali nedostatky spojené s neodbornou montážou a navrhnutím zariadení, resp. nedostatok spojený so samotným zastaraním svietidiel. Osvetľovacie telesá použité na stavenisku často nespĺňajú minimálne požiadavky. Je nevyhnutné aby boli zachované aspoň požiadavky stanovené normou STN EN 12464-2 „Svetlo a osvetlenie“ Osvetlenie pracovných miest Časť 2: Vonkajšie pracoviská. Dôsledkom nekvalitného osvetlenia vzniká následne mnoho chybných úkonov pri realizácii a zároveň sa zvyšuje riziko pracovného úrazu. Pri správnom navrhnutí svietidiel s dostatočným výkonom sa tieto riziká vedia eliminovať a zvýši sa tým aj celková produktivita pracovníkov.

Kľúčové slová: osvetlenie, stavenisko, svietidlá

Abstract

On site is artificial light used for night operations mainly. Monitoring the lightning and lights in several sites has proven many deficiencies related to design and installation, respectively coupled with lights obsolescence. Lighting equipment used on site often do not meet the minimum requirements. It is necessary to adhere at least the requirements of standard EN 12464-2 "Light and Lighting" Lightning of workplace Part 2: Outdoor workplaces. As a result of insufficient lighting there are many errors in implementation of processes and withal increases the risk of work accidents. The right lightning design with sufficient performance can eliminate these risks and increases the overall productivity of workers.

Keywords: lighting, construction site lighting

1. ÚVOD

Pri nedostatočnom osvetlení býva zraková záťaž pracovníkov neprimerane vysoká, čo môže viesť k zrakovej únave a s ňou spojeným rôznym subjektívnym ťažkostiam (pocit vnútro očného tlaku, nastreknutie očných spojiviek, pocity rezania a pálenia v očiach, slzenie, bolesti hlavy a pod.). Zraková únava prechádza v celkovú únavu pracovníka. Norma STN EN 12464-2 predpisuje pre nenáročné činnosti (napríklad oddych a pohyb po komunikáciách, pri krátkodobom pobyte) celkovú osvetlenosť 50 až 100 lx a najmenej 200 lx pri trvalom pobyte v priestore. V tabuľke č. 1 sú prehľadne rozpísané niektoré typické intenzity osvetlenia

Tabuľka 1: Typické intenzity osvetlenia

Jasný slnečný deň	100 000 lx
Zamračený deň v lete	20 000 lx
Osvetlenie ulice	10 lx
Mesačný svit	0,25 lx
Jasná hviezdna obloha	0,001 lx
Zamračená nočná obloha bez cudzieho osvetlenia	0,0001 lx

Z daných údajov je jednoznačné, že umelé osvetlenie je absolútne nevyhnutné. Navyše pri vysoko rizikových prácach, k akým stavebníctvo patrí (napr. práce na lešení, v hĺbkach, výškach,..) je treba vidieť a byť videný.

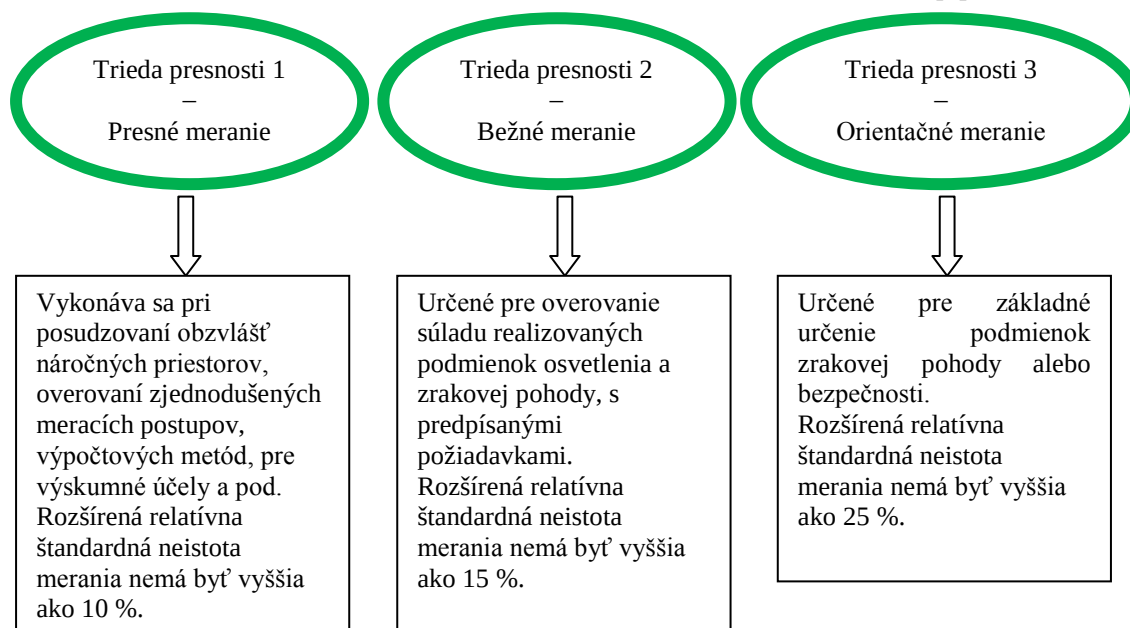
2. MERACIE PRÍSTROJE A SPÔSOB MERANIA

Daný príspevok sa zaoberá zisťovaním všeobecnej praxe, čo sa týka osvetľovania stavenísk. Na základe obhliadky je ďalej spracovaný príklad osvetlenia staveniska s bežne používanými halogénovými reflektormi. Pomocou meraní a následnými výpočtami bol zistený skutkový – nedostatočný - stav (podobný na väčšine stavenísk) na Slovensku.

Meranie svetelných veličín na stavenisku, ktoré majú byť hodnotené podľa záväzných ustanovení, sa realizovalo pomocou kalibrovaného prístroja. Na meranie bol použitý kalibrovaný luxmeter typu LIGHT METER 5013. Systematické chyby meradla, zistené pri kalibrácii, ako aj neistota ich stanovenia, bola uvedená v kalibračnom liste (v protokole o kalibrácii). Pri meraní osvetlenosti je nutné ako prvé určiť triedy presnosti merania a určiť neistotu merania. Je to nutné z dôvodu, aby sme minimalizovali a v maximálnej možnej miere vylúčili chyby pri meraní. Tieto by nám mohli skresliť výsledky celého merania a výpočtov.



Obrázok 1: Digitálny luxmeter LIGHT METER 5013 [1]



Základné fotometrické veličiny osvetlenosti (osvetlenosť a jas) sa merajú priamo luxmetrom, ostatné svetloteknické parametre sa z nameraných hodnôt osvetlenia určovali výpočtom. Pomocné veličiny ako geometrické rozmery, elektrické napätie, teplota, čas sa určujú príslušnými meradlami (výnimočne odhadom), pričom presnosť ich určenia nemá byť nižšia než udáva tabuľka 2.

Tabuľka 2: Prípustné hraničné chyby pri určovaní pomocných veličín

	Trieda presnosti merania		
	1	2	3
Vzdialenosť	2%	5%	10%
Uhly	1°	1,5°/3°	3°/5°
Čas	3s	10s	30s
Napätie	1,50%	2,50%	
Teplota	1 K	5K(odhad)	

3. MERANIE OSVETLENOSTI NA STAVBE BYTOVÉHO DOMU

Pred začatím merania sa vykonala nasledovaná postupnosť krokov:

- Príprava prístroja (fotometrická hlavica musí byť vystavená osvetleniu aspoň 5 minút kvôli stabilizácii fotónky).
- Pred meraním je potrebné uviesť do prevádzky merané zariadenia.
- Určiť si miesta a polohy meracích bodov (rozmeranie siete).
- Zakresliť všetky dôležité skutočnosti do meracieho denníka.

Miesta merania zrakovej úlohy sa zvolili podľa pracovnej činnosti tak, aby bolo možné zachytiť časti s najnižšou a najvyššou osvetlenosťou. Osvetlenosť sa merala na vodorovnej pozorovacej rovine, v pravidelnej štvorcovej sieti po 3 m. Umiestnenie meracích bodov vid' obr. 2.



Obrázok 2: Umiestnenie meracích bodov na stavenisku [2]

Meranie sa začalo až po ustálení svetelného toku zdrojov. Kontrolovalo sa to ustálením hodnoty na luxmetri, ktorého fotoelektrický snímač je umiestnený tak, aby nedochádzalo k jeho nežiaducemu ovplyvneniu. Pri halogénových svietidlách, je to približne 20 minút.

Merané svietidlá sa nachádzali na vežovom žeriave oproti sebe v približnej výške 6m nad meracou rovinou s natočením 45°, s výkonom 1000 W. Pracovník (merač) sa postavil na miesto, kde sa vykonáva pracovná činnosť, pričom fotometrická hlavica bola približne vo výške 0,80 m.

Je nutné dbať na to, aby sa počas merania netienilo svetlo a nenarúšal sa jeho prirodzený dopad na fotometrickú hlavicu.

Takýto postup má nižšiu presnosť, ako meranie s úplným vylúčením rušivých zdrojov svetla, čo treba vyhodnotiť pri určovaní neistoty merania. Rušivé svetlo nesmie mať vyššiu intenzitu než merané svetlo. Neistota sa určuje z meranej hodnoty súčtu obidvoch svietidiel a priraduje sa k hodnote meraného svetla. Pri meraní v triede presnosti 1 a 2 sa odporúča merať napätie v svetelných napájacích obvodoch čo najbližšie k svietidlám. Pritom treba dodržať ustanovenia príslušných predpisov, týkajúcich sa bezpečnosti pri práci na elektrických zariadeniach. Všetky namerané hodnoty je nutné zaznamenať do meracieho denníka, tak aby bolo možné overenie jeho dodatočnej spoľahlivosti, pri rekonštruovaní postupu merania, vrátane všetkých okrajových podmienok. Naše meranie sa vykonávalo v triede presnosti 2 – bežné meranie.



Obrázok 3: Osvetlená pracovná plocha [3]

Priemerná nameraná hodnota osvetlenia v triede presnosti 2 je 102,809 lx, čo je z hľadiska normy dostačujúce, ale nakoľko svietidlá boli umiestnené na žeriave oproti sebe a boli sústredené na miesto pod žeriavom, na konci objektu nám vznikali tmavé miesta (viď obr.3), ktoré navyhovujú z hľadiska požiadaviek normy.

Z nameraných hodnôt uvedených v tabuľke 3 je zrejmé, že vo veľkej miere nám vznikli miesta s nevyhovujúcou hodnotou. Aby sme vylúčili tmavé miesta, bolo by vhodné nové riešenie návrhu umiestnenia svetelných zdrojov alebo zväčšenie počtu osvetľovacích telies.

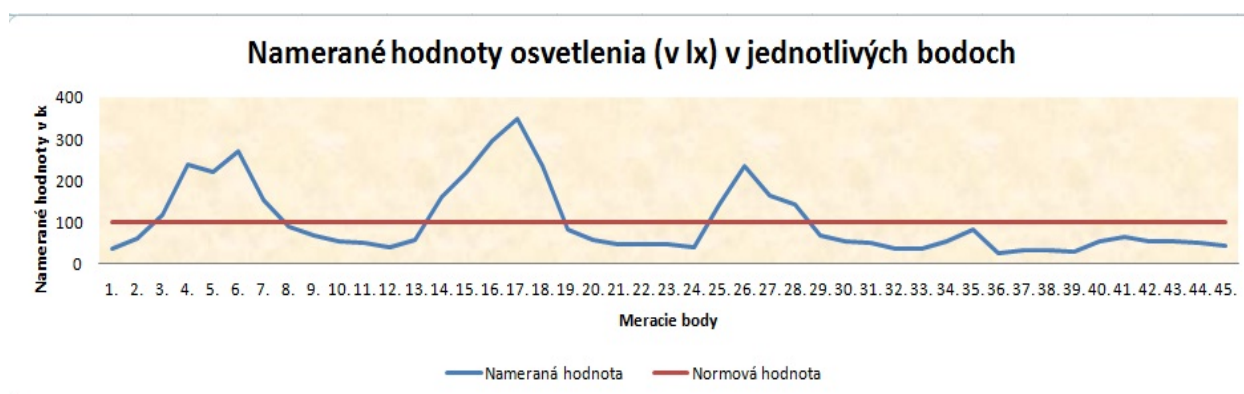
Tabuľka 3: Namerané hodnoty v jednotlivých bodoch

Bod	Nameraná hodnota lx	Normová hodnota lx	Posúdenie	Bod	Nameraná hodnota lx	Normová hodnota lx	Posúdenie
1.	35	100	nevyhovuje	24.	40	100	nevyhovuje
2.	61	100	nevyhovuje	25.	142	100	vyhovuje
3.	117	100	vyhovuje	26.	235	100	vyhovuje
4.	240	100	vyhovuje	27.	166	100	vyhovuje
5.	220	100	vyhovuje	28.	144	100	vyhovuje
6.	270	100	vyhovuje	29.	67	100	nevyhovuje

7.	154	100	vyhovuje	30.	55	100	nevyhovuje
8.	89	100	nevyhovuje	31.	50	100	nevyhovuje
9.	69	100	nevyhovuje	32.	38	100	nevyhovuje
10.	56	100	nevyhovuje	33.	35	100	nevyhovuje
11.	50	100	nevyhovuje	34.	55	100	nevyhovuje
12.	41	100	nevyhovuje	35.	82	100	nevyhovuje
13.	57	100	nevyhovuje	36.	27	100	nevyhovuje
14.	160	100	vyhovuje	37.	33	100	nevyhovuje
15.	220	100	vyhovuje	38.	32	100	nevyhovuje
16.	295	100	vyhovuje	39.	31	100	nevyhovuje
17.	348	100	vyhovuje	40.	53	100	nevyhovuje
18.	235	100	vyhovuje	41.	66	100	nevyhovuje
19.	82	100	nevyhovuje	42.	53	100	nevyhovuje
20.	58	100	nevyhovuje	43.	53	100	nevyhovuje
21.	49	100	nevyhovuje	44.	52	100	nevyhovuje
22.	48	100	nevyhovuje	45.	44	100	nevyhovuje
23.	49	100	nevyhovuje				

Sumár

Meranie v danom prípade vyhovuje 14 krát, avšak daný návrh a umiestnenie reflektorov až v 31 prípadoch nevyhovujú.



Graf 1: Namerané hodnoty osvetlenia

3.1 Optimálny počet svietidiel

Pri navrhnutí optimálneho počtu svietidiel vychádzame z výpočtov:

$$n \geq \frac{E_{pk} * S}{\eta * z * n_{zs} * \Phi_z} = \frac{0,8 * 250,72}{0,5 * 0,7 * 1 * 85} = 6,7 \quad (1)$$

Volím $n = 7$ Ks halogénových svietidiel s príkonom 1000 W
Pričom skutočná osvetlenosť je:

$$E_{pk} = 100 * 7 / 6,7 = 104,47 \text{ lx} \quad (2)$$

Kde:

E_{pk} – miestna osvetlenosť na zrovnávacej rovine (0,8 m)

S – plocha staveniska

η - účinnosť svietidiel (50%)

z -udržiavací činiteľ (0,7)

n_{zs} – počet svetelných zdrojov svietidiel

Φ_z – svetelný tok jedného zdroja

Na základe výpočtu nám potrebný počet svietidiel vyšiel 7 kusov, kde by sme mali zaručenú požadovanú osvetlenosť 104,67 lx bez vzniku tmavých miest.

4. ZÁVER

Na základe nameraných hodnôt osvetlenosti v mieste vykonávanej práce je zrejmé, že dva kusy halogénových reflektorov na danom bytovom dome nie je postačujúci. Z výpočtu vyšiel optimálny návrh svietidiel až trojnásobný, čo poukazuje na skutočné poddimenzovanie návrhu osvetlenia na stavbách.

Keď zväžíme hľadisko závažnosti a početnosti pracovných úrazov pripadajúcich na 100 pracovníkov s následkom smrti, vyjde nám stavebníctvo ako najrizikovejší rezort. Práve z tohto dôvodu je návrh reálneho počtu reflektorov na stavbe kľúčový pri eliminácii rizika, aj napriek možnému zvýšeniu nákladov napr. za prenájom reflektorov. Dané položky sú len minimálne oproti nákladom vynaloženým pri refundáciách úrazov vznikajúcich na stavbách z dôsledku nedodržania BOZP.

Príspevok bol riešený v rámci projektu VEGA č. 1/0184/12

Použitá Literatúra

1. Umelé osvetlenie prof. Smola a kolektív Bratislava 2008
2. SMOLA, A. a kol.: Kurz svetelnej techniky pre každého. Typhoon, Bratislava 2006.
3. SMOLA, DIONÝZ.: Návrh umelého osvetlenia interiérov a exteriérov. Bratislava 2011.
4. STN EN 12464-2 „Svetlo a osvetlenie. Osvetlenie pracovných miest. Časť 2: Vonkajšie pracoviská
5. STN EN 13201-4 Osvetlenie pozemných komunikácií Časť 4: Metódy merania svetlotechnických vlastností
6. Štandardná metodika – meranie a hodnotenie osvetlenia august 1997
7. NOVOTNÝ Osvětlení venkovních prostorů podle ČSN EN 12464 -2

Kontaktné údaje

Ing. Pavol Orosi

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta

Radlinského 11, 813 68 Bratislava

email: pavol.rosi@stuba.sk

VÝSLEDKY PRIESKUMU V OBLASTI VYUŽÍVANIA BIM TECHNOLÓGIE NA SLOVENSKU

THE RESULTS OF THE SURVEY ON THE USE OF BIM TECHNOLOGY IN SLOVAKIA

Mária Kozlovská, Michal Petrík

Abstrakt

Príspevok sa zaoberá úrovňou povedomia o BIM technológii na Slovensku, ktorá umožňuje projektovať stavebné riešenia v inteligentnom 3D-BIM modelovom prostredí, založenom na informáciách. Analyzuje rozsah využívania resp. obmedzení v intenzívnejšom rozvoji a uplatnení tejto technológie medzi architektmi a projektantmi, ako nosnými pracovnými pozíciami v procese prípravy stavebných projektov. Prieskum je realizovaný formou dotazníka a vytvára objektívne zázemie o poznaní a o úrovni využívania tejto progresívnej technológie na Slovensku.

Kľúčové slová: stavebný projekt, BIM technológia

Abstract

The paper deals with the level of awareness of BIM technology in Slovakia, which provides construction design solutions in building intelligent 3D-BIM model environment, based on the information. It analyzes the extent of the use and limitations in advancing the development and application of this technology among architects and designers who are supporting working positions in the process of construction projects. The survey is conducted through a questionnaire and objectively creates a background of knowledge and the level of use of this progressive technology in Slovakia.

Key words: construction desing, BIM technology

1 ÚVOD

Súčasná doba kladie čoraz väčšie nároky na zefektívnenie plánovania a projektovania stavebných diel. V súčasnosti máme možnosť využívať širokú paletu projekčných softvérov, ktoré nám zjednodušujú proces projektovania, čím sa skracuje projektová príprava a zvyšuje kvalita projektovej dokumentácie. Taktiež nám umožňujú rýchlo a relatívne jednoducho vykonať zmeny v projekte. Nároky investorov sa však zvyšujú a proces projektovania je nutné zefektívniť. Čoraz väčší dôraz sa kladie na komunikáciu medzi účastníkmi výstavby, od investora, projektantov až po dodávateľov. Po mnohých rokoch vývoja a experimentovania s rôznymi softvérmi, ktoré sú využívané v stavebníctve, bola vytvorená nová technológia - Building Information Modeling (BIM), ktorá sa stáva čoraz rozšírenejšou. Vedie k zefektívneniu a spresneniu práce, poskytuje výstup nielen v 2D rozmedzí, ale taktiež 3D, interaktívne prepája jednotlivé pôdorysy, rezy a pohľady, tabuľky, čo vedie tomu, že na základe projektovania prostredníctvom BIM dokážeme popísať model budovy, so všetkými potrebnými informáciami v takmer v stopercentnej zhode so skutočnosťou. Cieľom príspevku je zhodnotiť, nakoľko je táto inovatívna BIM technológia projektovania využívaná na Slovensku.

2 POTENCIÁL BIM TECHNOLOGIE PRI PRÍPRAVE A REALIZÁCII STAVIEB

Termín Building Information Modeling (BIM) sa objavuje u odborníkov v súčasnej dobe čoraz častejšie, hoci koncept počítačovej simulácie s maximálnym dôrazom na informácie o objekte sa začal formovať už oveľa skôr. Koncepcia Building Information Modeling bola prvýkrát navrhnutá profesorom Chuck Eastmanom v roku 1975 v časopise *Journal of American Institute of Architects* (AIA) pod pracovným názvom "*Building Description System*". V polovici osemdesiatych rokov minulého storočia sa tento koncept vyvíjal paralelne v USA a Európe. V USA sa používal výraz "*Building Product Model*", v Európe zasa "*Product Information Model*". Môžeme predpokladať, že jazykové zjednotenie týchto dvoch pomenovaní viedlo k vzniku pomenovania "*Building Information Model*", ktoré sa prvýkrát objavilo v odbornej literatúre v roku 1992. O niečo skôr, v roku 1986, Angličan Robert Aisha, v tej dobe tvorca programu RUCAPS, vo svojom článku prvýkrát použil termín *Building Modeling* v takom význame, ako chápeme pojem Building Information Modeling dnes. Čo je však dôležitejšie, práve on formuloval základné princípy nástroja BIM, ako nástroja pre trojrozmerné modelovanie, automatizáciu tvorby stavebných výkresov, objektovú skladbu a tvorbu databáz objektov, harmonogramov výstavby a mnohé iné. Robert Aisha predstavuje nový prístup komplexného modelovania pri rekonštrukcii budov londýnskeho letiska Heathrow. Ide o prvé využitie BIM pri skutočnej realizácii, a to už pred dvadsiatimi rokmi.

2.1 Digitalizácia stavebných riešení

Dnes chápeme BIM ako digitálny proces, ktorý Americký inštitút architektov definuje ako model založený na novej technológii, ktorá je spojená s databázou informácií o projekte. Možno teda hovoriť o modelovaní a dokumentovaní, ktoré sú charakteristické kreativitou a využívaním koordinovaných, vnútorne konzistentných informácií, ktoré opisujú stavebný projekt od návrhu, realizácie, až do jeho finálnej podoby. BIM ponúka jedinečnú príležitosť vytvoriť spoločne používaný model v rôznych oblastiach, nakoľko poskytuje možnosť začlenenia rôznych stavebných komponentov, vrátane stavebnej geometrie, priestorových prvkov, množstva a vlastností materiálov, do zmysluplného celku. Takto môžeme mať všetky disciplíny spojené s jedným projektom, ktorý je zdieľaný z jednej databázy a ktorý poskytuje informácie z rôznych oblastí.

BIM predstavuje procesy a postupy dizajnu a konštrukcie po celú dobu výstavby. Je to platforma pre zdieľanie informácií a komunikácií medzi účastníkmi projektu. Využitie BIM nám umožňuje pozrieť sa na všetky etapy stavebného procesu: od návrhu, po predbežnú stavebnú dokumentáciu, vlastnú stavbu - konštrukciu, či dokonca post konštrukčnú dokumentáciu. BIM je postavený práve na zdieľaní informácií medzi inžiniermi, architektmi, stavebnými manažérmi a subdodávateľmi. Na spoločnom rokovaní môže vďaka modelu BIM stavebný manažér a subdodávateľ konkretizovať postupy a rozsahy prác. Okrem toho môže manažér projektu použiť model budovy a generovať z neho stavebné výkresy, koordináciu správu, plány nákladov či odhadovanú dobu výstavby. Po dohode manažéra výstavby a dodávateľa, po objasnení všetkých náležitostí medzi architektom a projektantom, môžu informácie z BIM putovať do výroby napríklad pre prípravu prefabrikovaných dielcov.

Konštrukcia modelu BIM zahŕňa plánovanie, načasovanie a koordinovanie výstavby v čase a priestore ešte vo fáze virtuálneho modelu. Časovým ohodnotením jednotlivých prvkov virtuálnej konštrukcie vzniká harmonogram, čím sa otvára štvrtý – časový rozmer 4D modelovania výstavby. Takýto 4D-BIM model môže byť použitý ako vizualizačný nástroj na identifikáciu bezpečnostných rizík, ktoré hrozia v rôznych časových úsekoch výstavby. Na

základe týchto pozorovaní môžu byť súvisiace prvky ochrany bezpečnosti domodelované v BIM prostredí a integrované do projektov. Celkovo možno povedať, že priestorové a časové modelovanie 4DBIM možno použiť k zlepšeniu plánovania a monitorovania bezpečnosti práce na stavbách.

2.2 Problémy súvisiace s rozšírením BIM technológie

Po skúsenostiach z iných krajín najmä USA môžeme povedať, že prechod k BIM nie je len upgrade softvérov, ale vyžaduje si určité organizačné zmeny v projektovom tíme. Táto štruktúra je všeobecne prezentovaná rolami architektov – inžinierov – modelárov a projektantov (Ich formálne ako aj vecné postavenie nie je celkom totožné z odbornými rolami v našom prostredí). V prvom rade sú architekti a inžinieri. Sú to kľúčové osoby, ktoré majú najviac skúseností a znalostí v oblasti projektovania. Ich úlohou je navrhnuť budovu, prichádzať s nápadmi tvaru a konštrukčného riešenia, dbať na dodržiavanie podmienok stanovených normou, riadiť proces návrhu a sledovať výsledky. Druhú úroveň zamestnancov tvoria „modelári“. Ich úlohou je vytvoriť informačný model. Z tohto dôvodu by mali dobre chápať konštrukčným problémom a ovládať softvér na profesionálnej úrovni v technológii BIM. Považujú sa za hlavných pracovníkov na projekte. Tretiu úroveň pracovníkov reprezentujú projektanti, ktorí majú za úlohu vypracovať projektovú dokumentáciu. Model BIM použijú ako podklad, odkiaľ budú čerpať všetky informácie.

Vo všeobecnosti možno konštatovať, že rozšírenie tejto technológie je brzdené všetkými chronickými príčinami, ktoré bránia aj zavádzaniu väčšiny nových technológií, ako je napríklad konzervativizmus, zachovanie tradičných rolí, nedostatok motivácie, úzke zmýšľanie profesionálnych komunit či konkurenčné obchodné záujmy stojace proti nekomerčným systémom a zdieľaniu vedomostí.

3 PRIESKUM VYUŽÍVANIA BIM TECHNOLÓGIE NA SLOVENSKU

Hlavnou aktivitou pri prekonávaní bariér prijímania nových postupov a technológií musí byť informovanosť, znalosť ich účinnosti, a samozrejme dobré príklady a vzdelávanie. Predkladaný prieskum mal ambíciu zistiť úroveň povedomia o danej technológii najmä u skupiny ľudí, ktorí ju skôr či neskôr budú musieť aktívne využívať – u architektov a projektantov. Otázky sú ďalej smerované na tých, ktorí sú už užívateľmi BIM technológie, ale aj na tých ktorí ju nepoznajú. Súčasne prieskum vytvára predpoklady pre jednu aj druhú skupinu, aby si rozšírili poznanie o prínose, resp. o možných bariérach využívania tejto technológie.

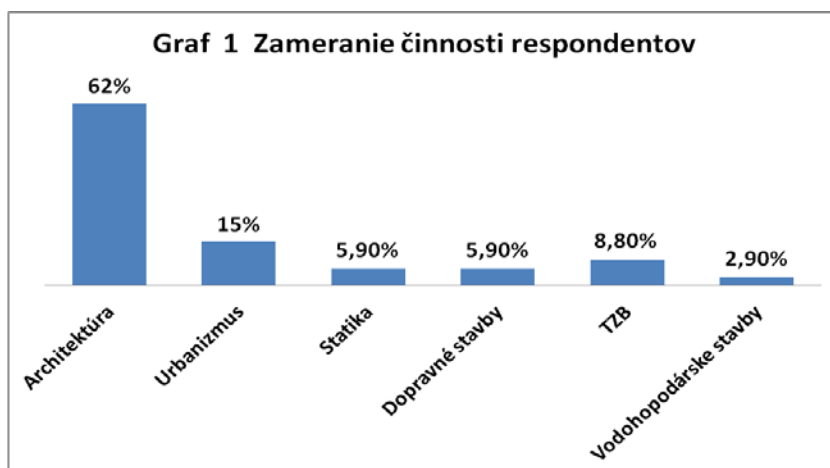
3.1 Metodika prieskumu

Cieľovú skupinu tvorili právnické a fyzické subjekty, zaoberajúce sa projektovaním pozemných stavieb, dopravných stavieb, vodohospodárskych stavieb, statiky a TZB. Prieskum prebiehal formou dotazníka. Ohľadne následnej deskripcie cieľovej skupiny respondentov bola analyzovaná dĺžka projekčnej činnosti, zameranie firmy, ako aj sídlo firmy s prihliadnutím na územie kraja ako aj otázka smerujúca k druhom SW, ktoré používajú pri svojej činnosti. Následne sa dotazník vetvil do dvoch prúdov, podľa odpovede na otázku, či firma využíva projektovanie na platforme BIM. Vyplnenie dotazníka netrvalo viac ako 5 minút, respondenti si mohli vyberať z ponúknutých odpovedí, pričom bolo možné označiť aj viaceré odpovede k jednotlivým otázkam, prípadne uviesť vlastný názor. Odkaz na dotazník bol rozposielaný elektronicky e-mailom projekčným firmám z celého Slovenska, ktoré

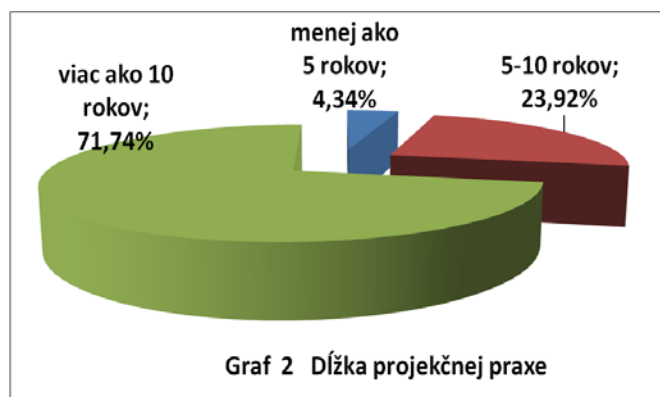
následne dotazník vyplnili a odoslali späť. Z celkového počtu 300 odoslaných žiadostí o vyplnenie dotazníka sa vrátilo 62 vyplnených čo je takmer 21%.

3.2 Vyhodnotenie prieskumu

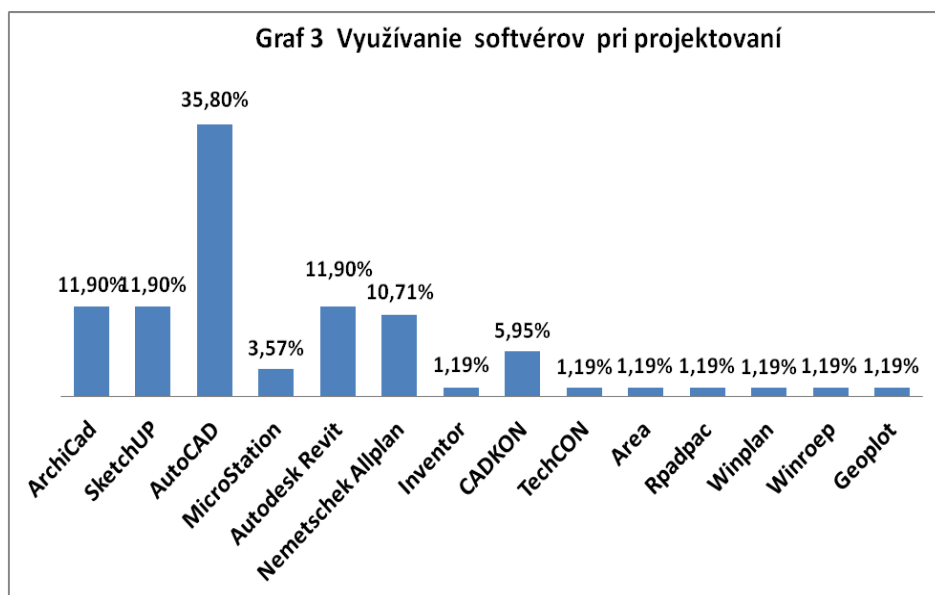
Zistenia (Graf 1) v oblasti **zastúpenia respondentov**, na základe zamerania svojej činnosti boli očakávané, pretože projektovanie pozemných stavieb je u nás najrozšírenejšie a aj výstavba je najviac orientovaná týmto smerom. Výrazne nižšie bolo percentuálne zastúpenie firiem projektujúcich urbanizmus, dopravné stavby, statiku, vodohospodárske stavby a technické zariadenie budov. Vzhľadom na rozrastajúcu sa infraštruktúru na území Slovenska sa očakávalo väčšie zastúpenie projektantov dopravných stavieb.



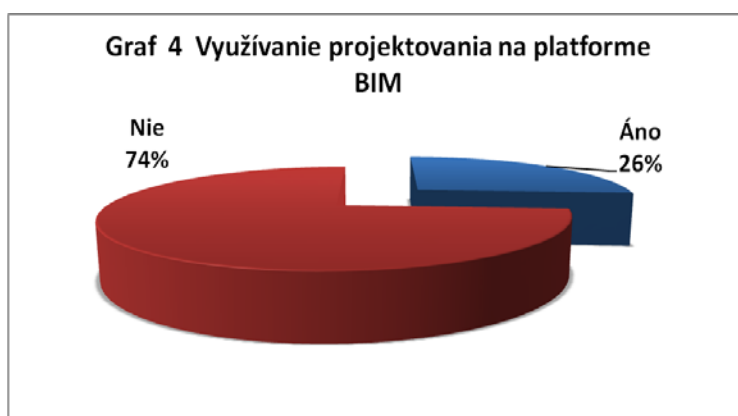
Z pohľadu dĺžky projekčnej praxe (Graf 2) a celkovému zisteniu o využívaní BIM technológie na Slovensku (Graf 4), sa možno domnievať, že práve zabehnutý systém je ťažko zmeniť. Práve projektanti, ktorí už mnoho rokov pracujú v istom stereotyp, nemajú podnet prejsť na projektovanie prostredníctvom BIM technológie. Určite aj nedostatok času pre „prijatie“ nových technológií hrá v tomto smere značnú úlohu. Naopak, projektanti, ktorí projektujú menej ako päť rokov, majú potenciál prejsť na projektovanie prostredníctvom BIM technológie, pretože sú mladší a už počas štúdia sa stretávajú s novými technológiami pri projektovaní.



Z hľadiska všeobecného poznania o využívaní jednotlivých druhov softvérov (Graf 3) bolo zistené, že najpoužívanejším programom u slovenských projektantov a architektov je AutoCAD. Vzhľadom na skutočnosť, že sa jedná o nástroj, ktorý sa ako prvý začal využívať pri 2DCAD projektovaní, je to tiež očakávaný výsledok.



Odpoveď na nosnú otázku využívania projektovania na platforme BIM (Graf 4) prezrádza, koľko projektantov pracuje s nástrojom BIM a koľko nie. Taktiež tvorí míľnik dotazníka, od ktorého sa otázky rozdeľujú na dve skupiny, medzi tých, ktorí využívajú a ktorí nevyužívajú BIM technológie. Následne k tomu mali aj prispôbené otázky. Z grafu je zrejmé, že len 26% projektantov pracuje v BIM prostredí, čo je dosť nízky počet a až 74% projektantov BIM pri práci nevyužíva. Vzhľadom na výsledok sa dá povedať, že je tu ešte veľký potenciál pre rozšírenie BIM technológie medzi projektantmi.



Po tejto otázke sa dotazník rozdeľuje na dve časti, medzi užívateľov BIM a medzi projektantov, ktorí nepoužívajú BIM pri práci. U oboch skupín sú vyjadrené odpovede v percentách z celkového počtu respondentov danej skupiny. Odpovede skupiny užívateľov BIM na ďalšie otázky prieskumu sú uvedené v tab.1.

Tab.1 Vyjadrenia užívateľov BIM

Doba používania BIM	
viac ako 3 roky	85%
2-3 roky	8%
menej ako 1 rokov	7%
Percento projektov tvorených prostredníctvom BIM	
viac ako 60%	58%
30% - 60%	9%
menej ako 30%	33%
Oblasti najčastejšieho využívania BIM	
Stavebné riešenia	36%
Objektové štúdie	27%
ŽB konštrukcie	13%
TZB	9%
Oceľové konštrukcie	6%
Drevené konštrukcie	6%
Iné	3%
Hlavné výhody BIM	
Zefektívnenie práce	36%
Zvýšenie kvality PD	29%
Kompatibilita vypracovaného projektu v BIM	18%
Organizácia práce v BIM	14%
Iné	3%
Obmedzenia pre zavádzania BIM	
Potreba značných financií pri zavedení BIM do praxe	47%
Potreba školenia zamestnancov v BIM	32%
Nezrozumiteľnosť výstupov	21%
Iné	10%

Uvedené výsledky možno zhrnúť do nasledovných zistení:

- väčšina respondentov, ktorí využívajú BIM s ním pracujú viac ako tri roky, konkrétne 84,61%,
- z výsledkov sa dá vyvodit', že ak už niekto začne pracovať za pomoci nástroja BIM, ostane mu verný,
- takmer 59% projektantov, ktorí pracujú s BIM, využívajú tento nástroj vo viac ako 60-tich % svojej práce,
- slovenskí architekti a projektanti vidia ako hlavnú výhodu nástroja BIM v zefektívnení práce a zvýšení kvality projektovej dokumentácie,
- ako najväčší nedostatok sa javí potreba značných financií pri zavedení BIM do praxe.

Na otázku nákladov na zavedenie BIM technológie je treba pozerat' z dvoch uhlov pohľadu. Na prvom mieste sú projektanti, ktorí už projektujú a majú zakúpený softvér, v tomto prípade je pravdou, že sú potrebné určité finančné prostriedky pri zavedení BIM, no na druhej strane práve BIM môže veľké množstvo peňazí ušetriť. Vďaka nemu sa vyhneme chýbam v PD, kolíziám pri realizácii či chybným výpisom materiálov. Druhým prípadom sú začínajúci projektanti, absolventi, ktorí stoja pred rozhodnutím aký softvér si zakúpiť. Tu už cena BIM

nehrá žiadnu rolu, pretože klasický 2DCAD softvér a softvér využívajúci BIM technológiu je cenovo takmer rovnaký.

Odpovede respondentov, ktorí pri svojej práci nevyžívajú nástroj BIM sú uvedené v tab.2.

Tab.2 Vyjadrenia respondentov, ktorí nevyžívajú BIM

Či sa už stretli s pojmom BIM	
Áno	50%
Nie	50%
Dôvody nevyžívania BIM	
Pracujú a sú spokojní s inými softvérmi	40%
Nepoznajú BIM	25%
Nemajú zamestnancov, ktorí by s BIM vedeli pracovať	20%
Pracujú s inými softvérmi a na zavedenie BIM nemajú dostatok financií	15%
Hlavné prekážky pri zavedení BIM	
Cena	53%
Náročnosť práce	34%
Dostupnosť softvéru	13%
Či plánujú prejsť na projektovanie prostredníctvom BIM	
Nie	78%
Áno	22%
Či by mohlo BIM viesť k zefektívneniu ich práce	
Neviem	69%
Áno	19%
Nie	12%
Či majú záujem o školenie, kde by bola bližšie predstavená práca s BIM	
Nie	60%
Áno	40%

Prvou otázkou smerujúcou k tomu, či sa už niekedy stretli s pojmom Building Information Modeling BIM bolo cieľom zistiť, či architekti a projektanti poznajú pojem BIM a či sa s ním niekedy stretli, aj keď ho pri práci nevyžívajú. Vyhodnotením otázky sa zistilo, že pojem Building Information Modeling je u slovenských projektantov a architektov neznámy u polovice respondentov. Toto číslo možno pokladať za alarmujúce vzhľadom k tomu, že môže byť indikátorom toho, že v oblasti architektúry a projektovania na Slovensku dochádza k modernizácii a vytváraniu podmienok pre kvalitnejšie projektovanie veľmi pomaly.

Ďalšia otázka smerovala k respondentom, ktorí BIM poznajú, no nevyžívajú ho pri práci. Vyhodnotením výsledkov sa zistilo, že ako najväčší dôvod prečo nevyžívajú BIM v praxi je, že pracujú s inými softvérmi a sú s nimi spokojní. V tomto smere podľa všetkého chýba osвета, pretože je veľká pravdepodobnosť, že ak by projektanti zistili, čo všetko nástroj BIM dokáže, chceli by ho pri práci využívať.

Aj v tejto skupine respondentov je hlavnou prekážkou pri práci s BIM cena. K relatívnosti tohto dôvodu bol už vyššie uvedený komentár. Pri otázke či uvažujú o tom, že by prešli na projektovanie prostredníctvom BIM technológie, odpovedalo až 79% respondentov, že nie. Výsledok je prekvapujúci, ale vzhľadom na neznalosť výhod využívania BIM technológie akceptovateľný. Aj vyhodnotenie otázky, či si myslia, že BIM by viedlo k zefektívneniu ich

práce, v podobe odpovede „neviem“ u takmer 67% respondentov, je očakávaný. Ak nepoznajú BIM, nemôžu vedieť či bude viesť k zefektívneniu práce.

Posledná otázka v dotazníku smerujúca k záujmu o školenie, kde by respondentom bola bližšie predstavená práca s BIM odhaľuje, že až 60% slovenských architektov a projektantov, ktorí nepoužívajú BIM pri práci, nemajú ani záujem o školenie v tejto oblasti. Len 40% z nich by sa zúčastnilo na školení ohľadom BIM technológie. Tento výsledok môže do značnej miery súvisieť aj s výsledkom, že 40% opýtaných je spokojných s tými softvérmi, s ktorými pracujú. Nezáujem o možnosť spoznania aj inej, efektívnejšej technológie práce, možno hodnotiť ako indikátor toho, že mnohí slovenskí projektanti a architekti nemajú ochotu sa ďalej vzdelávať a modernizovať svoj proces projektovania.

4 ZÁVER

Príspevok na základe dotazníkového prieskumu analyzuje využívanie BIM technológie na Slovensku a poukazuje na úroveň povedomia o tejto technológii. Príspevok mal za cieľ aj podnietiť záujem projektantov o nové progresívnejšie a efektívnejšie technológie, podporujúce ich prácu. Ako je z výsledkov prieskumu zrejmé, technológiu BIM u nás využíva len štvrtina projektantov, a to aj napriek všetkým výhodám, ktoré BIM prináša. Povedomie o BIM technológii je, ale aj napriek tomu mnoho projektantov neplánuje prejsť na projektovanie prostredníctvom BIM technológie a ako dôvod uvádzajú hlavne náklady spojené s jej zavedením a potrebu vyškolených zamestnancov. Mnoho projektantov o BIM technológii ešte vôbec nepočulo, čo je zarážajúce, ak vezmeme do úvahy, že ide o autorizovaných projektantov s dlhoročnou praxou, ktorí sa v tak náročnej oblasti, akou je projektovanie stavieb, musia neustále vzdelávať a zachytávať najnovšie trendy nie len v samotných konštrukčných a materiálových riešeniach stavieb, ale aj v nástrojoch, ktoré pri ich navrhovaní používajú. Vedľajším zistením je fakt, že ešte stále väčšina projektantov pracuje v prostredí 2DCAD technológií projektovania. Výsledky možno odôvodniť tým, že väčšina respondentov je v praxi viac ako 10 rokov a na nové technológie sa ťažko „presedláva“. Chýba osveta a aj snaha projektantov o modernizáciu a neustále vzdelávanie sa. U väčšiny z nich rokmi praxe prichádza istý stereotyp práce a zabehnutý systém sa potom ťažko mení. Nádejou sú mladí, začínajúci projektanti, ktorí stoja pred otázkou, aký čo najkomfortnejší a najefektívnejší nástroj na svoju činnosť budú používať. V ich prípade cena nie je argument a chuť učiť sa niečo nové a využívať najnovšie vymoženosti je prirodzená.

Príspevok predstavuje čiastkový výstup riešenia projektu ITMS: 26220120018 Podpora Centra excelentného integrovaného výskumu progresívnych stavebných konštrukcií, materiálov a technológií.

Použitá literatúra

1. DZAMBAZOVA T., KRYGIEL E. *Introducing Revit Architecture 2010*. BIM for Beginner. dostupné <http://www.amazon.com/Introducing-Revit-Architecture-2010-Beginners/dp/047047355X>
2. HERGUNSEL M. F. *Benefits of Building Information Modeling for construction managers and BIM based scheduling*. Unpublished Thesis, Master of Science in Civil Engineering, Worcester Polytechnic Institute. 2011
3. KOZLOVSKÁ M., SABOL L. Using of the newest CAD/BIM tools in construction project. 37th IAHS World Congress on Housing : Santander, 2010
4. SABOL L. BIM is more than 3D model visualization. International Conference Young scientist. Košice 2010

5. SUERMANN, P. *Evaluating the impact of building information modeling on construction*. Dissertation Abstracts Internationa. 2010
6. COLLINS R. BIM for Safety, Virtual Design and Construction VDC Application. 2011. <Intelibuild.com>.
7. PAVAN M., IRIZARRY J. and AKHNOUKH A.K. *Advancing and Integrating Construction Education*, Research and Practice 2010. <conectech.coa.gatech.edu>
8. Post N.M. *Building Team Views Technological Tools as Best Chance For Change*. 2010. <enr.com>
9. *LLP Review*. Feb. 2009. Web. May 2010. <zdlaw.com>

Príspevok recenzoval: doc. Ing. Renáta Bašková, PhD.

Kontaktné údaje

prof. Ing. Mária Kozlovská, PhD.

Bc. Michal Petřík

Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta

Vysokoškolská 4, Košice

e-mail: maria.kozlovska@tuke.sk

VÝZNAM TECHNOLOGICKÝCH PRESTÁVOK V STAVEBNO- TECHNOLOGICKEJ PRÍPRAVE

IMPORTANCE OF TECHNOLOGICAL LAGS IN BUILDING TECHNOLOGY PREPARATION

Marcel Šmotlák, Barbara Chamulová, Peter Makýš

Abstrakt

Príprava stavieb zahŕňa okrem iného aj modelovanie technológie, kvality a rýchlosti výstavby. Súčasťou tejto prípravy je aj časový plán. Dobrý časový plán by mal mať v sebe obsiahnuté aj technologické prestávky, ktoré vo svojej podstate majú vplyv na dobu výstavby. Vo väčšine prípadov však časové plány neobsahujú všetky druhy technologických prestávok a to vedie neskôr ku nežiaducim následkom, ako je nedodržanie zmluvných termínov alebo kvality stavebného diela. Príspevok rozoberá problematiku technologických prestávok, najmä z pohľadu dosiahnutia požadovanej vlhkosti, spôsoby ich zadávania a uvádza príklady porúch, keď sa technologické prestávky nedodržia.

Kľúčová slova: technologická prestávka, časový plán, vlhkosť

Abstract

Building preparation includes modeling of technology, quality and construction speed. Part of this preparation is the schedule. In good schedule should be included also technological lags that affect construction time. The schedules mostly do not contain all kinds of technological lags, what lead to undesirable consequences, like failure to meet contractual deadlines or quality of building. Contribution analyzes technological lags' issue, mainly in terms of achieving the desired moisture, their input methods and shows failure examples.

Key words: technological lag, schedule, moisture

1 ÚVOD

Čas, peniaze a kvalita sú základnými parametrami každého projektu, ktorým v stavebnej výrobe je stavba. Dodržanie týchto parametrov, väčšinou zmluvne dohodnutých, dáva predpoklad úspešnému uskutočneniu projektu – stavby, pričom pri parametri – čas sa jedná predovšetkým o dodržanie termínu ukončenia výstavby vo väzbe na časový plán výstavby.

V súvislosti s časovým plánovaním sa vynára aj pojem **technologickéj prestávky**. Technologická prestávka je definovaná ako minimálna doba čakania (časový odstup – posun) po úspešnom ukončení predchádzajúceho procesu pred najskôr možným začiatkom nasledujúceho procesu. Technologická prestávka predstavuje časový interval, s ktorým sa uvažuje už počas tvorby časového plánu a jeho dĺžka by mala byť známa. Dôvody potreby technologickéj prestávky medzi dvomi po sebe nasledujúcimi procesmi sú:

- požiadavky na uvoľnenie minimálneho pracovného frontu predchádzajúcim procesom pre úspešnú realizáciu nasledujúceho procesu ^[1],
- dosiahnutie požadovanej pevnosti predchádzajúceho procesu (napr. pevnosť betónu v tlaku pri oddebnení stropnej konštrukcie),

- **dosiahnutie požadovanej vlhkosti pre realizáciu nasledujúceho procesu (napr. požiadavka na maximálnu vlhkosť podkladu pri realizácii nášľapných vrstiev podlahy).**

Zo všetkých uvedených dôvodov je možné konštatovať, že dôvod na dosiahnutie požadovanej vlhkosti je v stavebnej praxi často krát prehliadaný. Bežne sa v časových plánoch uvažujú technologické prestávky z dôvodu dosiahnutia požadovanej pevnosti, ale nájsť časový plán zahŕňajúci aj technologické prestávky z hľadiska dodržania maximálnej prípustnej vlhkosti, je skôr svetlou výnimkou, ak nie raritou. Nezadávanie týchto technologických prestávok však na stavbách môže viesť k celej škále porúch v dôsledku zabudovania vlhkosti do stavebných konštrukcií. Okrem vzniku porúch zabudovaná vlhkosť nepriaznivo ovplyvňuje prevádzkyschopnosť stavebného diela a kvalitu jeho využitia. Z dlhodobého hľadiska to môže znamenať zvýšené náklady na prevádzku a údržbu stavieb, najmä stavieb určených na bývanie a stavieb občianskej vybavenosti.

2 SPÔSOB ZADÁVANIA TECHNOLOGICKEJ PRESTÁVKY

Pod zadávaním technologickej prestávky sa rozumie to, ako sa stanovuje jej dĺžka pre jednotlivé stavebné procesy. Z výsledkov analýzy súčasného stavu je možné na základe použitej literatúry konštatovať, že na zadávanie technologických prestávok neexistuje žiadna vhodná metodika.

Zo štúdia dostupných domácich zdrojov vyplynulo, že „technologická prestávka sa zadáva explicitne“^[2].

Pod zadávaním technologických prestávok z dôvodu uvoľnenia minimálneho pracovného frontu predchádzajúcim procesom pre úspešnú realizáciu nasledujúceho procesu sa rozumie čas potrebný na to, aby sa ukončila minimálna časť produktu – objektu predchádzajúcim procesom, aby na túto časť mohol nastúpiť nasledujúci proces a aby si oba procesy vzájomne neprekážali. Vyjadruje sa súčiniteľom pracovného frontu. Pre každé dva procesy je potrebný iný súčiniteľ pracovného frontu. V praxi sa však ukázalo, že pre vyjadrenie priestorovej štruktúry výrobného procesu objektu pozemných stavieb zvyčajne stačia maximálne 3 rôzne hodnoty tzv. hlavných súčiniteľov pracovného frontu. Súčiniteľ je vyjadrený v %, ktoré sa spravidla zaokrúhľujú na celé čísla^[1].

Technologické prestávky vyplývajúce z požiadavky na dosiahnutie navrhovanej pevnosti sa zadávajú na základe výskumov a platných predpisov (technické normy), napr. pri betónáži je TP v dĺžke 28 dní, kedy po uplynutí tejto doby, betón dosahuje navrhovanú pevnosť a je teda „vyzretý“, ako sa často v praxi hovorí. Vyzretý betón však neznamená automaticky, že je aj dostatočne suchý, pretože môže stále ešte zadržiavať významné množstvo vlhkosti (približne 2/3 zo zámesovej vody), určite viac ako je prípustné pre aplikáciu niektorých druhov povrchových úprav.

V časových plánoch je preto dôležité uvažovať, ako bolo v úvode spomenuté, aj s technologickou prestávkou pre dosiahnutie požadovanej vlhkosti, ktorá býva spravidla dlhšia ako je technologická prestávka potrebná pre dosiahnutie požadovanej pevnosti.

2.1 Technologické prestávky z dôvodu dosiahnutia požadovanej vlhkosti

Procesy, pri ktorých tieto technologické prestávky prichádzajú do úvahy, sú väčšinou procesy nasledujúce po mokrých procesoch. Mokrý proces je stavebný proces, pri ktorom je jednou zo základných zložiek výroby stavebných konštrukcií voda. Medzi nasledujúce procesy, pri ktorých je dôležité dodržať technologickú prestávku na dostatočné vysušenie mokrej konštrukcie, patria procesy citlivé na vlhkosť, ako sú podlahy na báze dreva, epoxidové

povrchové úpravy, krytiny z PVC ap. Skracovanie času potrebného na vysušenie konštrukcie a dosiahnutie požadovaných vlhkostí je v procese výstavby úplne bežné. Podiel na tom má ako investor, tak aj zhotoviteľ. Ten prvý vyvíja tlak na zhotoviteľa, aby mu dodal stavebné dielo v čo najkratšom čase a ten druhý – zhotoviteľ v snahe dosiahnuť v čo najkratšom čase, čo najvyšší zisk, neváha „sľúbiť“ dodávku aj v praxi nerealizovateľných prác.

Tieto technologické prestávky by nemali byť opomenuté v jednotlivých etapách výstavby. Do úvahy prichádza najmä etapa prípravy a etapa realizácie.

2.1.1 Etapa prípravy

Je to etapa, v ktorej sa modeluje priebeh realizácie stavebného diela. Za rozhodujúci nástroj riadenia sa považuje časový plán, ktorý zahŕňa aj technologické prestávky. Znamená to, že by sa mali pri tvorbe časového plánu modelovať aj dĺžky technologických prestávok z dôvodu dosiahnutia požadovaných vlhkostí. V tejto etape najčastejšie nastávajú tieto dva prípady:

- technologická prestávka nie je v časovom pláne zadaná
- technologická prestávka je zadaná nesprávne

Už v úvode tohto príspevku bolo povedané, že sa prestávky z tohto dôvodu do časového plánu prakticky nezadávajú. Ak nie je technologická prestávka započítaná do dĺžky výstavby, spôsobí to v etape realizácie posun konečných termínov, čím sa nedodrží zmluvný vzťah a prichádzajú na rad pokuty a sankcie.

Vyskytujú sa však aj také prípady, že sa technologické prestávky pre dosiahnutie prípustnej vlhkosti stanovia, ale sú určené nesprávne. Nesprávne stanovenie dĺžky technologickej prestávky môže viesť k nedostatočnému vyschnutiu konštrukcie a nesplneniu podmienok pre dosiahnutie požadovanej vlhkosti. Ak sa potom v etape realizácie takto určená dĺžka technologickej prestávky neskoriguje a dodrží sa pôvodne nesprávne stanovená, spôsobí to poruchy, ktoré sa prejavia buď už v samotnej etape realizácie alebo až v etape užívania stavebného objektu.

2.1.2 Etapa realizácie

Táto etapa predstavuje skutočné vyhotovenie stavebného diela berúc do úvahy výstupy z etapy prípravy. Ak nie sú tieto výstupy riešené komplexne, tak zhotoviteľ sa môže dostať do nasledujúcich situácií:

- nedodrží potrebné technologické prestávky z dôvodu dosiahnutia požadovanej vlhkosti a dodrží „pôvodne navrhovaný časový plán“, ktorý je však nesprávny. Zanedbanie týchto prestávok potom spôsobí, že hodnoty vlhkosti sú vyššie ako požadované a dôjde k zabudovaniu vlhkosti do konštrukcie a následne to podmieni vznik porúch. Najčastejším dôvodom tohto konania zhotoviteľa je snaha o splnenie záväzkov voči investorovi. Jedná sa však o krátkozraké riešenie, pretože eliminácia porúch zo zabudovanej vlhkosti a následné reklamácie bývajú oveľa nákladnejšie.
- dodrží potrebné technologické prestávky, napriek tomu, že neboli zahrnuté v časovom pláne alebo boli chybné stanovené. Ak sa jedná o činnosti ležiace v časovom pláne na kritickej ceste, predĺži to lehotu výstavby, ak sa časový plán neoptimalizuje, čo sa spravidla na stavbách nedeje. Navyše hrozí nedodržanie zmluvných termínov a s tým spojené pokuty a sankcie vyplývajúce zo zmluvného vzťahu.
- pomocou opatrení urýchli vysušenie mokrej konštrukcie, ako napr. použitie odvlhčovačov (znižujú relatívnu vlhkosť vzduchu v miestnosti, čím napomáhajú rýchlejšie odparovaniu vlhkosti z konštrukcie), ohrievačov (ohrievajú mokrá konštrukciu, čo má často za následok vznik trhlín), alebo použitie špeciálnych

chemických prípravkov (epoxidová bariéra IBOLA R 66). Toto riešenie si vyžaduje zvýšené náklady oproti pôvodne rozpočtovaným a jeho účinnosť nie je identická s prirodzeným vysušovaním konštrukcie. Efekt týchto opatrení nie je zaručený v celej hrúbke, najčastejšie dochádza k vysušovaniu iba na povrchu, čo nie je postačujúce.

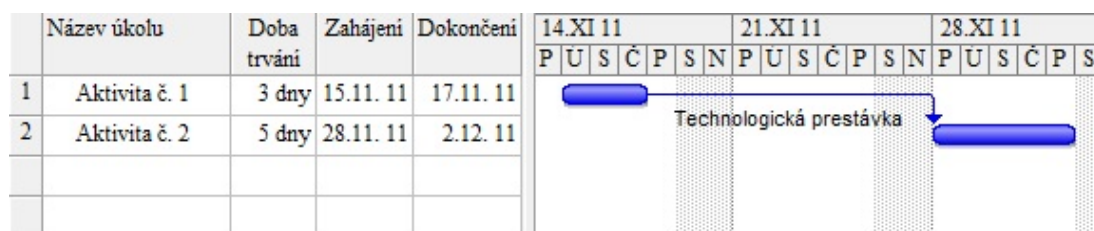
3 ZOBRAZOVANIE TECHNOLOGICKEJ PRESTÁVKY V ČASOVOM PLÁNE

Pre definovanie technologických prestávok je rozhodujúca časová štruktúra. Má svoje parametre, ktorými je charakterizovaná a vyjadrujú sa v časových jednotkách, obvykle v dňoch, týždňoch alebo mesiacoch^[1].

Technologické prestávky a dĺžka ich trvania sú započítané v časových hodnotách väzieb medzi procesmi. Väzby predstavujú spojenia medzi jednotlivými procesmi. Väzbou sú zvyčajne viazané 2 stavebné procesy (napr. najpoužívanejšia je väzba „koniec – začiatok“).

V súčasnosti sa technologická prestávka zobrazuje v časovom pláne u nás aj v zahraničí rovnako a to týmito dvomi používanými spôsobmi:

1. Technologické prestávky sa zobrazujú v časovom pláne ako oddialenia medzi plnohodnotnými aktivitami (činnosťami). Toto oddialenie (oneskorenie) rovnajúce sa dĺžke technologickej prestávky sa zaraďuje do väzby. V grafickej podobe v Ganttovom grafe ich znázornenie predstavuje prázdny (nepopísaný) priestor. Príklad zobrazenia technologickej prestávky týmto spôsobom je na Obr. 1. Na tomto obrázku je vidieť, že aktivita č. 2 má posunutý začiatok o technologickú prestávku v trvaní 10 dní od ukončenia aktivity č. 1, pričom je použitá väzba „koniec – začiatok“.

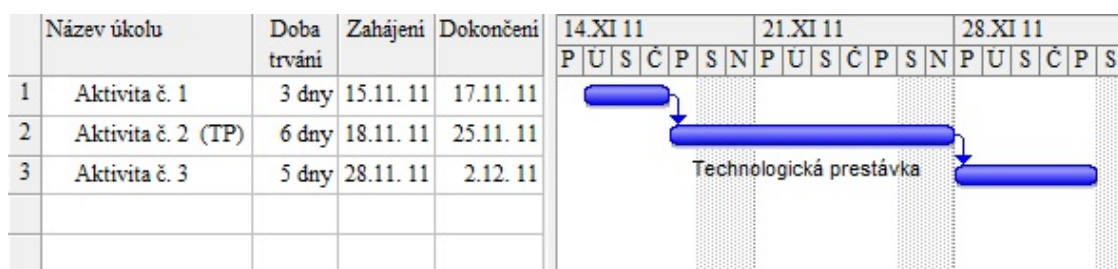


Obr. 1 – Zobrazenie technologickej prestávky pomocou väzby.

Výhody: Takéto zobrazovanie technologických prestávok je vhodné pri rozsiahlych časových plánoch, pretože nerozširuje časový plán o nové činnosti.

Nevýhody: Takéto zobrazenie môže neskôr viesť k nedorozumeniam pri čítaní časového plánu (nezapamätanie si dôvodu vloženia technologickej prestávky, prípadne jej neodôvodnené skrátenie v dôsledku skoršieho ukončenia súbežnej činnosti), zvlášť u ľudí, ktorí sa na jeho tvorbe nepodieľali. A navyše sa v praxi často krát stáva, že pri tlači časového plánu nie sú zobrazené väzby.

2. Technologické prestávky sa zobrazujú ako plnohodnotné aktivity (činnosti). Znamená to, že ako aktivity majú technologické prestávky svoj popis a je možné zistiť k akému procesu sa viažu a aký je dôvod ich použitia. Okrem toho, že získame dĺžku oddialenia nasledujúceho procesu, tak z popisu vyplynie aj obmedzenie, ktoré procesy sa môžu a ktoré sa nemôžu realizovať pred uplynutím tejto technologickej prestávky. Na Obr. 2 je znázornené zobrazovanie technologickej prestávky týmto spôsobom. Technologická prestávka predstavuje aktivitu č. 2, ktorá o 10 dní oddiaľuje začiatok aktivity č. 3 od ukončenia aktivity č. 1 z dôvodu „dosiahnutia požadovanej maximálnej vlhkosti podkladu.



Obr. 2 - Zobrazenie technologickej prestávky pomocou plnohodnotnej aktivity.

Výhody: Pri takomto zobrazení sa zvýši prehľadnosť a čitateľnosť časového plánu. Nedochádza k bezdôvodnému odstráneniu technologickej prestávky z časového plánu nedopatrením.

Nevýhody: Tento spôsob je efektívny pri projektoch s malým počtom činností vyžadujúcich technologickú prestávku, ale nie je veľmi praktický pre časové plány, kde je veľký počet takýchto činností, nakoľko sa znižuje prehľadnosť.

4 PRÍKLADY PORÚCH VZNIKNUÝCH NEDODRŽANÍM TECHNOLOGICKÝCH PRESTÁVOK

Poruchy sa najčastejšie prejavujú na povrchových úpravách (podlahových a stropných konštrukciách alebo na zvislých úpravách stien, predovšetkým na vnútornom povrchu). Hoci poruchy povrchových vrstiev sú zvyčajne hlavným problémom, vlhkosť uvoľňujúca sa z konštrukcie môže ovplyvniť aj vnútorné prostredie budov zvýšením relatívnej vlhkosti vzduchu v miestnosti a môže zvýšiť riziko kondenzácie vodnej pary.

Rozsah a typy porúch sú závislé na materiálovej báze, z ktorej je vytvorená povrchová úprava, od vlastností použitých materiálov (schopností prepúšťať vodnú paru a vlhkosť), od množstva zabudovanej vlhkosti, od okolitých podmienok (nielen tých, pri ktorých bola konštrukcia realizovaná, ale aj prevádzkových). V praxi bežne dochádza k poruchám pri laminátových alebo drevených podlahách, textilných a povlakových podlahách, liatych podlahách a pri zvislých povrchových úpravách pri omietkach, obkladoch, maľbách a tapetách.

Zabudovaná vlhkosť, ktorá vznikla z nedodržania TP po mokrých procesoch môže spôsobiť nasledovné problémy:

- zhoršenie prídržnosti lepidla,
- zhoršenie prídržnosti jednotlivých vrstiev povrchovej úpravy (napr. omietky, maľby)
- bublinky, vypukliny, pľuzgiere,
- zmeny farby,
- plesne, huby a množenie baktérii – ich vznik vyžaduje živiny, vodu, kyslík a priaznivú teplotu.
- výkvet soli – ako vlhkosť prechádza cez konštrukciu, berie so sebou voľné kryštáliky soli z betónu. Túto soľ privádza až na povrch, kde sa zbiera a po odparení vlhkosti ostáva v bielej suchej forme ako výkvet.
- vydúvanie a zvlnenie,
- vznik trhlín
- zníženie estetickej funkcie.

Nižšie sú uvedené dva príklady porúch vzniknutých dôsledkom vysokej zvyškovej vlhkosti po realizácii poterov na nášľapnej vrstve. Na obr. č. 3 môžeme pozorovať vzdutie parketovej podlahy v dôsledku vysokej vlhkosti podkladu. Na obr. č. 4 je vidieť následky zvýšenej

vlhkosti podkladu pri použití na vodu citlivého lepidla na lepenie PVC podlahy, čo malo za následok vznik bublín.



Obr. č. 3 – Vzduťatá parketová podlaha.



Obr. č. 4 – Bublíny na PVC podlahe.

5 ZÁVER

Príspevok poukazuje na nevyhnutnosť uvažovania technologických prestávok na dosiahnutie požadovanej vlhkosti už pri stavebno-technologickom projektovaní, t. j. v etape prípravy stavieb, kedy by sa mali vytvárať časové plány, ktoré by tieto prestávky mali zahŕňať. Príprava stavieb je však mnohokrát podceňovaná najmä v oblasti tvorby časových plánov, čo so sebou prináša celý rad problémov ekonomického a technologického charakteru. Problematika vlhkosti sa po prvý raz rieši až v etape realizácie samotného stavebného objektu, kedy sa na základe diagnostiky vlhkosti oddiaľuje (vytvára sa technologická prestávka) vyhotovenie nasledujúceho procesu. Vytvárať technologické prestávky až v tejto etape je neskoro, lebo sa narúša pôvodný časový plán, jednak z hľadiska synchronizácie všetkých stavebných procesov a jednak z hľadiska plynulosti výstavby. Aby nedochádzalo k posunutiu termínov ukončenia a odovzdania stavieb alebo poruchám z nedodržania technologických prestávok, je potrebné ich stanoviť a modelovať už pri časovom plánovaní.

Použitá literatúra

1. JARSKÝ, Č., MUSIL, F. a kol. *Technologie staveb II. Příprava a realizace staveb*. 1. vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003. 318 s. ISBN 80-7204-282-3.
2. JURÍČEK, I. a kol. *Technológia pozemných stavieb. 2. diel*. 1. vydanie. Bratislava: Alfa, 1993. 271 s. ISBN 80-05-01160-1.

Kontaktní údaje

Ing. Marcel Šmotlák,
Slovesná Technická univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta
Radlinského 11, 813 68 Bratislava
Tel: (+421) 259 274 573
email: marcel.smotlak@stuba.sk

Ing. Barbara Chamulová, Ph.D.
Slovesná Technická univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta
Radlinského 11, 813 68 Bratislava
Tel: (+421) 259 274 573
email: barbara.chamulova@stuba.sk

doc. Ing. Peter Makýš, Ph.D.
Slovenská Technická univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta
Radlinského 11, 813 68 Bratislava
Tel: (+421) 259 274 573

ANALYTICKÉ RIEŠENIE OPTIMALIZÁCIE DEBNENIA

ANALYTICAL SOLUTION FOR OPTIMIZATION OF FORMWORK

Renáta Bašková

Abstrakt

Príspevok sa zaoberá optimalizáciou nasadenia debnenia do výstavby s využitím analytického prístupu riešenia. Metodika riešenia je podložená prípadovou štúdiou. Na konkrétnom príklade je poukázané na možnosti optimalizovať množstvo prenájatých alebo zakúpených prvkov debnenia v závislosti od plánovanej doby realizácie hrubej stavby troch objektov bytovej výstavby, realizovaných prúdovou metódou výstavby.

Kľúčové slová: debnenie, optimalizácia, prúdová metóda výstavby

Abstract

The paper deals with optimization of the use of formwork in the construction with the application an analytical approach solution. Solution methodology is supported by a case study. The particular case shows the possibilities to optimize the amount of leased or purchased formwork elements, depending on the scheduling of framework of the three residential buildings that are realized by a line method of construction.

Key words: formwork, optimization, cost, line method of construction

1 ÚVOD

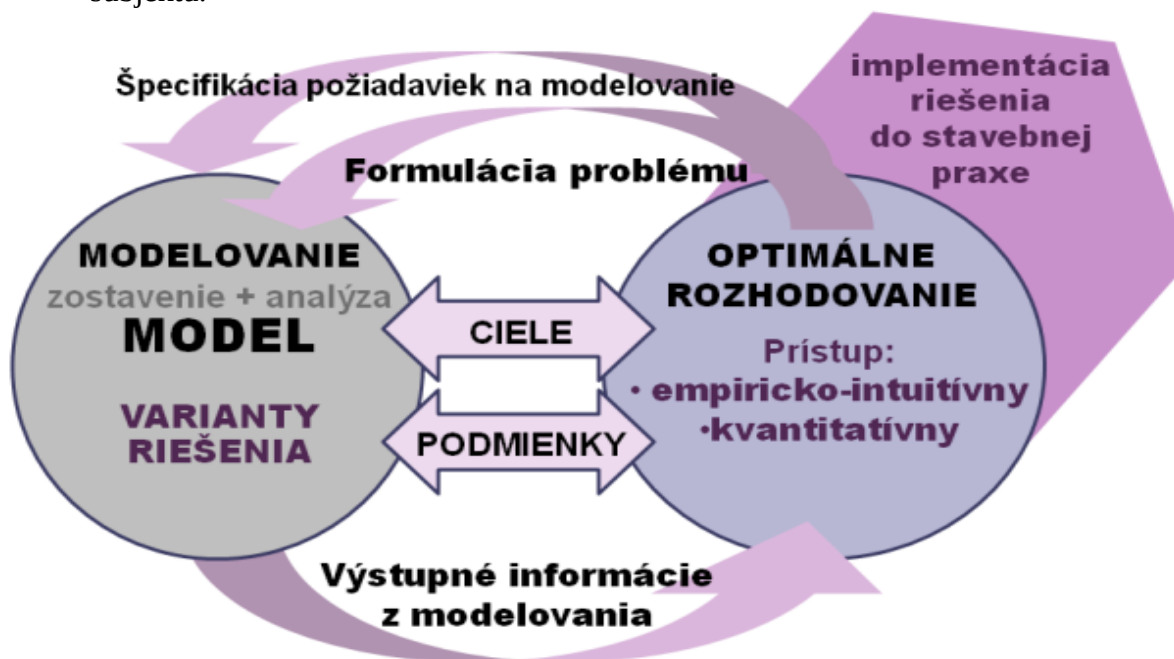
Pri návrhu debnenia sa posudzuje vplyv použitia debnenia na vlastné náklady dodávateľa, pričom treba zvážiť dopad debnenia na celý proces betonáže. Náklady na debnenie tvoria u nás v súčasnosti v priemere okolo 25% z celkovej ceny betónovej konštrukcie. Aj v zahraničí štúdie poukazujú na podobné výsledky sledovania nákladov na debnenie, napríklad podľa Lai a Hsu [1], debnenie predstavuje až 33 % z nákladov na zhotovenie železobetónovej konštrukcie. Rozdiel v priemerných hodnotách nákladov sú z dôvodu teritoriálnych rozdielov v cene pracovnej sily a materiálov. Výber druhu debnenia a disponibilné množstvo jeho konštrukčných prvkov na stavbe má vplyv nielen na celkové náklady, ale aj na trvanie výstavby a priebeh nadväzujúcich stavebných procesov. Optimalizáciou debnenia pri plánovaní výstavby, zameranou na zníženie nákladov stavby, sa rozumie správne naplánovanie typu, množstva a obrátkovosti prvkov debnenia, vrátane alokácie zdrojov súvisiacich s realizáciou železobetónovej konštrukcie (žeriav, betón, pracovníci a pod.). Základom je stanovenie časovej nadväznosti procesov, ktorá zohľadňuje termíny montáže a demontáže prvkov debnenia tak, aby debnenie plnilo svoj účel, prenášať zaťaženia z výstavby, po celú dobu svojho nasadenia na stavbe.

2 MODELOVANIE AKO NÁSTROJ OPTIMÁLNEHO ROZHODOVANIA

Modelovanie môže byť použité ako nástroj pri konkretizácii cieľa rozhodovania ako aj vplyvov, ktoré obmedzujú riešenie problému. Široké uplatnenie má pri odhadovaní variant riešenia, ako aj pri selekcii najlepšieho, t.j. optimálneho variantu riešenia problému.

Vo všeobecnosti môžeme problémy optimálneho rozhodovania charakterizovať takto:

- Sú známe určité podmienky, ktoré treba rešpektovať pri rozhodovaní a ktoré určujú množinu prípustných variantov.
- Je známy cieľ rozhodovania, ktorý určuje, podľa akého kritéria možno hodnotiť výhodnosť alebo nevýhodnosť jednotlivých variantov z hľadiska rozhodujúceho sa subjektu.



Obr. 1 Modelovanie ako nástroj optimálneho rozhodovania

Matematický model musí vychádzať zo starostlivého určenia účelu jeho použitia, z ktorého vyplynie hľadisko a rozlišovacia úroveň modelu. Vypracovanie a použitie modelu sa často opiera o poznanie daného objektu/systému, získané v minulosti.

Dostatočne jednoduchý abstraktný model, ktorý je vyjadrený pomocou matematických rovníc, je možné riešiť exaktne, výsledkom je **analytické riešenie**. Výhodou je, ak je možné matematické závislosti interpretovať graficky, vykreslením priebehu zostavených funkcií vo vhodne zvolenom súradnicovom systéme. Aj jednoduché modely, s menšou presnosťou záverov, pracujúce s obmedzeným počtom dát a charakteristík prvkov, môžu byť pre výrobnú prax výborným nástrojom pre rýchle rozhodovanie sa na požadovanej odbornej úrovni. Avšak veľa systémov je veľmi komplexných, čo môže samo o sebe vylúčiť analytické riešenie. V takom prípade musí byť model študovaný pomocou **simulácie**, t.j. **riešenie** je **numerické**.

Ak je vytvorený matematický model objektu/systému, jeho analytické riešenie alebo simulácie by mali poskytovať hľadané odpovede na položené otázky ohľadom správania sa modelovaného objektu/systému. Riešenie takýchto modelov je potom záležitosťou teórie **optimálneho programovania**. Pre zistenie optimálneho riešenia podľa daných kritérií, pri rešpektovaní zadaných obmedzení, sú uplatňované rôzne optimalizačné metódy.

Podkladom pre optimálne rozhodnutie môžu byť nasledovné výstupné informácie modelu:

- optimálny variant modelovaného systému;
- informácie ako dosiahnuť cieľ za daných podmienok;
- informácie ako zmeny podmienok ovplyvnia konkrétny cieľ.

Použitie metód optimalizácie ešte nezaručuje, že vybraný variant systému a parametrov jeho atribútov je pre dané užívateľské požiadavky naozaj najvhodnejší. Ťažisko spočíva v hľadaní variantov a až následne v ich porovnávaní. Je potrebné eliminovať stav, kedy optimalizačnou

metódou je vlastne vybraný najlepší variant zo zlých. Keď je hľadanie optimálneho variantu veľmi náročné a prácne, často postačuje, keď sa vybraný variant optimálnemu iba približuje.

V prípade použitia matematického modelu, vždy vzniká otázka **verifikácie** platnosti modelu a dosiahnutých výsledkov z výpočtového experimentu. Overuje sa, či vypočítané riešenie je dostatočne presné aby slúžilo účelu, pre ktorý bol model zostavený. Vo všeobecnosti existujú dva zdroje chýb. Prvý zdroj chýb je spojený s numerickým riešením. Tieto chyby sú závislé od konkrétnej metódy, ktorá sa používa pri riešení. Druhý zdroj chýb je model samotný, kedy v modeli napríklad absentujú prvky/entity, ktoré popisujú dôležité aspekty reálneho objektu/systému a pod. Častý prípad je, že po overení matematického modelu je potrebné model modifikovať. Zvyčajne pod termínom modifikovanie sa myslí pridanie nových faktorov/aspektov alebo zmenu aproximácie už zahrnutých faktorov do modelu. Občas je potrebná celková revízia modelu, ktorá môže zahŕňať úplne nový pohľad na problém.

3 CIEĽ A METODIKA RIEŠENIA

Cieľom navrhutej metodiky riešenia je poskytnúť odpovede na 3 základné otázky, týkajúce sa debnenia železobetónových konštrukcií stavby:

- Koľko prvkov debnenia je potrebné pri realizácii hrubej vrchnej stavby objektov pre rôznu dobu výstavby?
- Ako sa menia náklady na debnenie v závislosti od doby realizácie hrubej stavby?
- Je lepšie prvky debnenia pre stavbu prenajať alebo kúpiť?

Pre získanie odpovedí na položené otázky sú potrebné informácie z konkrétnej výrobnjej dokumentácie stavby. Podkladom pre riešenie úlohy je projekt debnenia, v ktorom je spracovaný výkaz prvkov debnenia pre betónové konštrukcie stavby, t.j. výkaz prvkov debnenia potrebné pre dočasné zabudovanie v jednotlivých pracovných záberoch. Výkaz prvkov debnenia musí byť doplnený o informácie o cenách prvkov a o nákladoch, spojených s ich prenášaním. Vhodným doplnkom do procesu hodnotenia sú aj informácie o cenách za dopravu debnenia na stavenisko. Základom pre optimálne plánovanie debnenia je správny výber typu debnenia pre konštrukcie, správne zostavený a nepredimenzovaný výkres skladby prvkov debnenia v záberoch. Výkres debnenia záberu má mať vyladenú skladbu prvkov tak, aby sa čo najväčší počet prvkov mohol opakovane použiť vo všetkých záberoch stavby, na ktorých budú prvky debnenia opakovane použité.

Ďalej sú potrebné informácie o oddebňovacích dobách, t.j. po akom čase po betonáži je možné uvoľnenie prvkov debnenia zo záberu [5]. Časový plán priebehu prác na hrubej stavbe objektov, spracovaný vo forme harmonogramu, alebo v prípade prúdovej realizácie prác aj vo forme cyklogramu, je podkladom pre plánovanie presunu prvkov debnenia cez zábery stavby v prípade, ak sú prvky debnenia určené na opakované použitie.

Ak je možné stavbu priestorovo rozdeliť na väčší počet rovnakých pracovných záberov, kde sa v záberoch opakuje rovnaká skladba debnenia, je možné úlohu zjednodušiť. Pri uplatnení prúdovej metódy výstavby súrodých objektov je možné uplatniť pre účely optimalizácie debnenia analytické riešenie. Ďalšou výhodou pri prúdovej organizácii prác je, že pre zvolené tempo výstavby je možné určiť v konkrétnom časovom reze, na základe časového priebehu prác v záberoch, koľko záberov súbežne potrebuje debnenie na prenos zaťaženia z výstavby.

Na priestorovo zložitých stavbách, kde montáž a následne demontáž debnenia prebieha na viacerých konštrukčne rozdielnych záberoch v rôznom čase, analytické riešenie má svoje obmedzenia, prípadne môže byť dosť neprehľadné [4]. V takýchto prípadoch sú pre hľadanie optimálneho nasadenia debnenia na stavbe vhodnejšie metódy s využitím simulácií [2], [3].

4 OPTIMALIZÁCIA DEBNENIA V PRÍPADOVEJ ŠTÚDII

Prípadová štúdia bola v akademickom roku 2011/12 predmetom riešenia diplomovej práce študenta Bc. Jána Bednára pod vedením doc. Ing. Baškovej, PhD. Navrhnutá metodika, zameraná na hľadanie odpovedí na položené otázky ohľadom optimalizácie nasadenia debnenia, bola aplikovaná pre stavbu „51 BJ, ul. B. Smetanu v Trnave“, konkrétne pre hrubú stavbu objektov SO 01, SO 02 a SO 03.

4.1 Popis riešenej stavby

Súčasťou stavby „51 BJ, ul. B. Smetanu v Trnave“ sú dva 7-podlažné bytové objekty SO 01 a SO 02 a 6-podlažný objekt SO 03, ktoré tvoria prístavbu k existujúcemu bytovému domu. Podrobná analýza nasadenia debnenia bola spracovaná pre železobetónové stropné konštrukcie a pre železobetónové výťahové šachty pre 20 typických podlaží týchto objektov.



Obr. 2 Počítačový model stavby 51 BJ v Trnave, ul. B. Smetanu

4.2 Postup riešenia optimalizačnej úlohy

Riešenie optimalizačnej úlohy nasadenia debnenia na stavbe bolo rozdelené do nasledovných postupových krokov:

1. Návrh priestorovej štruktúry hrubej stavby objektov SO 01, SO 02 a SO 03 pre rôzne metódy výstavby (súbežná, prúdová, postupná), t.j. členenie stavby na pracovné zábery a návrh postupu ich zaraďovania do výstavby.
2. Na základe spracovaného výkazu výmer procesov hrubej stavby návrh časového priebehu prác, t.j. spracovanie časovo-priestorového grafu pre rôzne doby výstavby pre súbežnú (minimálna doba výstavby), prúdovú aj postupnú metódu.
3. Návrh skladby debnenia pre železobetónové konštrukcie typického podlažia objektu, predstavujúceho pracovný záber, t.j. pre 4 varianty debnenia stropu, 2 varianty debnenia čela stropnej dosky, podoprenie stropu po čiastočnom oddebnení a debnenie šachty spracovanie výkresov skladby a výkazov prvkov debnenia.
4. Analýza množstva prvkov debnenia na stavbe pre rôzne doby výstavby, t.j. graf funkcie minimálneho množstva debnenia potrebného na stavbe v závislosti od doby výstavby.

5. Ekonomická analýza prvkov debnenia typického podlažia, t.j. pre všetky varianty skladby prvkov debnenia určenie ceny a nákladov za prenájom a grafické zobrazenie nákladov na kúpu a na prenájom prvkov debnenia v závislosti od času ich používania na stavbe.
6. Záver riešenia úlohy spracovaný vo forme grafu umožňujúci porovnanie nákladov na debnenie pri jeho kúpe alebo pri prenájaní pre rôznu dobu výstavby, t.j. grafický nástroj optimálneho návrhu nasadenia debnenia na stavbe v závislosti od doby výstavby.

4.3 Výstupy z riešenia prípadovej štúdie

Uvedené grafické výstupy z analytického riešenia úlohy v prípadovej štúdii zohľadňujú nasledovné vstupné obmedzenia:

- dĺžka týždenného pracovného fondu pre časové plánovanie výstavby je 42,5 hod.,
- betonáž stropnej dosky jedného podlažia objektu prebieha vždy v jednej zmene,
- po betonáži stropu je dodržaná 14-dňová technologická prestávka pre čiastočné oddebnenie a 28-dňová technologická prestávka pre úplné oddebnenie.

Zmena týchto vstupných podmienok má vplyv na konkrétne hodnoty výstupov riešenia.

Navrhnuté nosníkové stropné debnenie aj rámové debnenie výťahovej šachty boli produktmi firmy, ktorá poskytla vstupné informácie pre ekonomickú analýzu nasadenia debnenia. Na obr. 3 sú uvedené výsledné ceny a náklady za prenájom pre 4 varianty stropného debnenia jedného typického podlažia. Varianty sa líšia skladbou prvkov. Debniace dosky dĺžky 3 m nie je možné prenajať, ich cena pri prenájme debnenia je započítaná medzi jednorazové náklady.

PRVKY DEBNENIA STROPNEJ DOSKY				
		KÚPA 1 SADA	PRENÁJOM [DEŇ]	JEDNORÁZOVÉ ZÁKLADNÉ NÁKLADY
1. VARIANT	deb. doska 2,5 x 0,5 m vzdial. h. nosníkov 0,5 m	25 250 €	65, 08 €	547, 69 €
2. VARIANT	deb. doska 2,5 x 0,5 m vzdial. h. nosníkov 0,625 m	24 037 €	61, 76 €	547, 69 €
3. VARIANT	deb. doska 3,0 x 0,5 m vzdial. h. nosníkov 0,5 m	25 206 €	50, 91 €	2 520 €
4. VARIANT	deb. doska 3,0 x 0,5 m vzdial. h. nosníkov 0,75 m	23 051 €	44, 81 €	2 520 €

Obr. 3 Ekonomická analýza pre 4 varianty stropného debnenia jedného typického podlažia

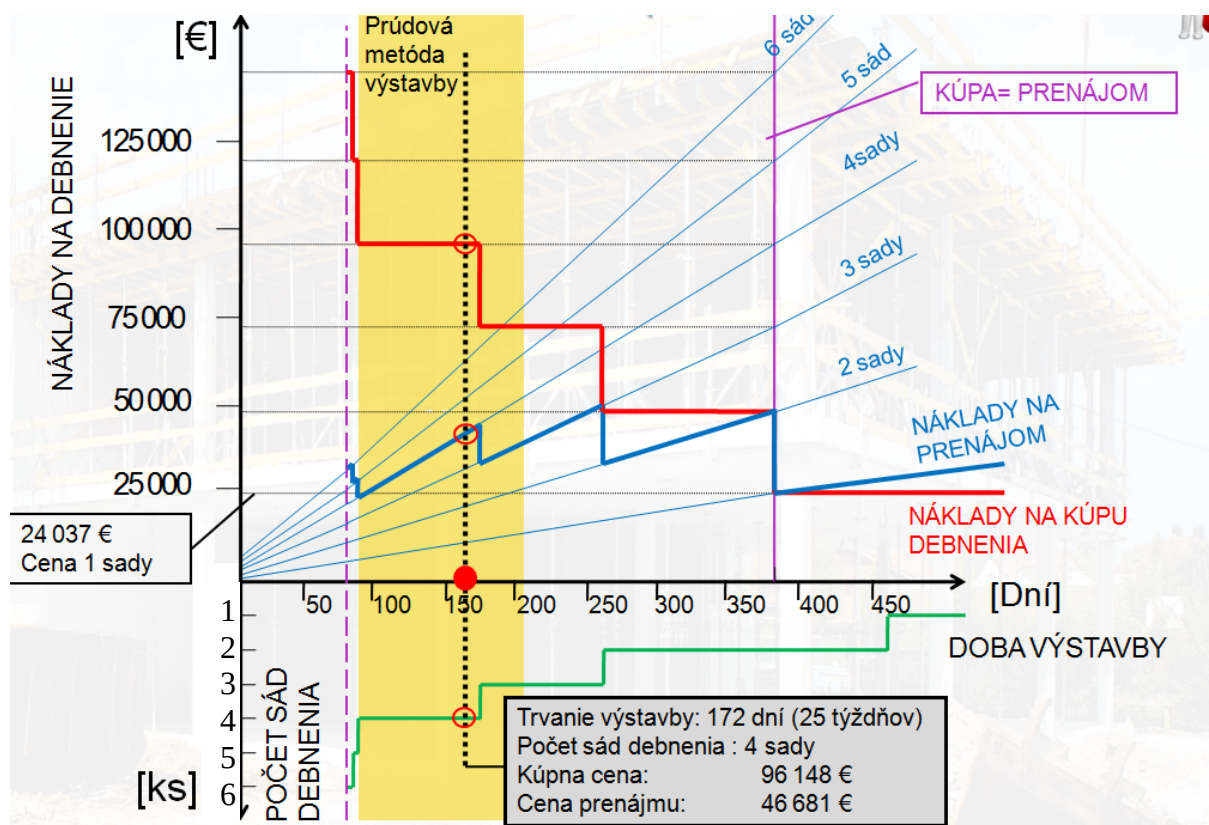
Na obr. 4 je uvedená ukážka grafického spracovania funkcie pre druhý variant skladby prvkov stropného debnenia, zobrazujúcej náklady v závislosti od doby realizácie hrubej stavby.

Graf je rozdelený do dvoch polí, ktoré rozdeľuje horizontálna os x. Na osi x je zobrazená doba trvania výstavby hrubej stavby objektov v dňoch. Žltá plocha vymedzuje časový interval pre stanovenie doby výstavby hrubej stavby objektov, pre ktorú je možné uplatniť prúdovú metódu organizácie práce čiat. So zmenou doby výstavby sa mení aj množstvo debnenia na stavbe, t.j. pre kratšie doby výstavby je potrebné väčšie množstvo prvkov debnenia. Dlhšia doba výstavby umožní väčšiu obrátkovosť debnenia, tým je na stavbe na jednej strane menšie množstvo prvkov debnenia, ktoré sú opakovane použité na viacerých záberoch stavby, ale celkovo sa prvky debnenia na stavbe nachádzajú dlhší čas.

Na vertikálnej osi grafu je pod osou x zobrazená funkcia, ktorá zobrazuje, pre koľko typických podlaží je potrebné zabezpečiť debnenie stropu (1 sada debnenia = debnenie pre jedno typické podlažie) pre rôzne doby výstavby. Pribeh funkcie počtu sád debnenia pre konkrétne doby výstavby bol odvodený na základe vyhodnotenia potreby prvkov debnenia na stavbe pre 38 rôznych variantov časových plánov výstavby (doba výstavby od 75 do 400 dní). Hornej časti grafu dominujú dve farby funkcií, červená a modrá. Hrubá červená čiara znázorňuje náklady na kúpu debnenia, vypočítané na základe ceny prvkov stropného debnenia jedného podlažia a počtu podlaží, ktoré musia byť zadené súbežne v čase pre stanovenú dobu výstavby.

Tenké modré čiary znázorňujú cenu za prenájom debnenia v € podľa počtu dní realizácie stavby pre jednu až šesť sád debnenia. Hrubá modrá čiara zobrazuje ceny prenájmu za debnenie, zohľadňuje počet potrebných sád debnenia pre jednotlivé doby trvania výstavby (cena prenájmu = počet sád debnenia potrebného na stavbe pre danú dobu výstavby vynásobený cenou prenájmu za deň a počtom dní trvania výstavby, priebeh funkcie zohľadňuje aj jednorazové náklady na prvky debnenia, ktoré bolo potrebné zakúpiť).

Náklady na kúpu a prenájom debnenia stropnej dosky sa prelínajú v čase trvania výstavby 392 dní (cca 1 rok a 1 mesiac), to je doba, kedy sa kúpna cena vyrovnáva cene prenájmu. Z grafu je zrejmé že pri dlhšej dobe výstavby ako 65 týždňov sú náklady na prenájom vyššie než je cena debnenia pri jeho zakúpení.



Obr. 4 Grafické riešenie úlohy optimalizácie nasadenia debnenia do výstavby

Cieľom riešenia úlohy bolo poskytnúť odpovede na 3 základné otázky, týkajúce sa debnenia železobetónových konštrukcií stavby. Z grafického riešenia je zrejماً odpoveď, že napríklad pre 25 týždňovú dobu výstavby je potrebné debnenie pre štyri typické podlažia, pričom náklady na prenájom dosahujú skoro 50% z kúpnej ceny debnenia. Rovnako je možné sledovať aj ako sa menia náklady na debnenie v závislosti od doby realizácie hrubej stavby.

S rovnakým množstvom debnenia na stavbe by bolo možné skrátiť dobu výstavby, t.j. naplánovať hrubú stavbu s vyšším tempom výstavby, a tým výrazne znížiť náklady na debnenie. Iným riešením, ktoré by rovnako znížilo náklady na debnenie, by bolo časové naplánovanie hrubej stavby na dlhšiu dobu, pre ktorú by na stavbe boli potrebné iba 3 sady debnenia stropu. Lokálne minimá funkcia nákladov za prenájom debnenia dosahuje v takých dobách výstavby, kedy sa prvky debnenia v záberoch nachádzajú len po dobu, kedy plnia svoju funkciu a hneď po svojej demontáži v predchádzajúcom zábere sú presunuté na ďalší záber bez prestojov. Na uvedený priebeh funkcie má výrazný vplyv aj dĺžka technologických prestávok po betonáži, ktorá limituje možnosť demontáže a uvoľnenia prvkov debnenia zo záberov. Úprava vlastností betónu je tiež jednou z možností riešenia úlohy, ale pre takto variabilne zadávané vstupy do riešenia sú vhodné simulačné metódy modelovania.

5 ZÁVER

Analytické metódy na riešenie optimalizácie debnenia vo výstavbe majú svoje výhody, na druhej strane ich použitie je obmedzené len pre niektoré špecifické podmienky výstavby. Vhodné sú napríklad na optimalizáciu debnenia pri prúdovej metóde výstavby súrodých objektov pozemného staviteľstva, prípadne pre líniové inžinierske stavby.

Príspevok nadväzuje na aktivity projektu ITMS 26220120018 Podpora Centra excelentného integrovaného výskumu progresívnych stavebných konštrukcií, materiálov a technológií, na základe podpory operačného programu Výskum a vývoj financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja. Príspevok predstavuje čiastkový výstup riešenia projektu VEGA 1/0840/11 „Multi-dimenzionálne prístupy podporujúce integrované navrhovanie a riadenie stavebných projektov“.

Použitá literatúra

1. M.-M. Lai, M.-S. Hsu, *Comparison of formwork methods and investigation of new techniques*, Journal of Architecture, Architectural Institute of the Republic of China 6 (1992), pp. 75– 103.
2. Bašková, R., *Optimalizácia debnenia vo výstavbe DILEF-metódou*. In: Medzinárodná stavebná konferencia CzechSTAV 2010. 25. – 29. 10. 2010, online platforma E-CON. Hradec Králové: MAGNANIMITAS, 2010. s. 118-125. ISBN 978-80-86703-38-1.
3. Bašková, R., *Dynamické modelovanie debnenia vo výstavbe*. In: EUROSTAV, 16. roč., 2010, č. 1-2, s. 40-44, ISSN 1335-1249
4. Kersting, M. - Girmscheid, G., *Formwork specific, process orientated geometrical-path-velocity-time-model (GPVT-model)*. In: Challenges, opportunities and solutions in structural engineering and construction, ISEC 05, Las Vegas, 2009. pp. 635-640
5. Śliwiński, J. et al., *New Generation Cement Concretes. Ideas, Design, Technology and Applications*. Cracow: Cracow University of Technology, 2010. 189 p. ISBN 978-83-7242-531-7

Príspevok recenzoval: doc. Ing. Peter Mesároš, PhD.

Kontaktné údaje

doc. Ing. Renáta Bašková, PhD.

Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta

Vysokoškolská 4, Košice

e-mail: renata.baskova@tuke.sk

EKONOMIKA A VYHODNOCOVÁNÍ TECHNOLOGIÍ
ECONOMY AND TECHNOLOGY EVALUATION

EKONOMICKÉ VYHODNOTENIE REVITALIZÁCIE BYTOVÉHO DOMU – ANALÝZA BODU ZVRATU

ECONOMIC EVALUATION OF THE REVITALISATION RESIDENTIAL BUILDING – BREAK- EVEN-POINT ANALYSIS

Alena Tažiková, Janka Pokryvková

Abstrakt

Príspevok sa zaoberá ekonomickým vyhodnotením nákladov revitalizácie - obnovy bytového domu a určením bodu zvratu konkrétnej zákazky. Obnova spočívala v realizácii týchto procesov: zateplenie obvodového plášťa, oprava povlakovej strešnej krytiny a výmena schodišťových okien a vchodových dverí. Ekonomické vyhodnotenie vyplýva zo stanovenia ceny realizácie zateplenia bytového domu a porovnáva plánované náklady so skutočne vynaloženými nákladmi.

Kľúčové slová: zateplenie bytového domu,, rozpočet, náklady, hospodársky výsledok, bod zvratu

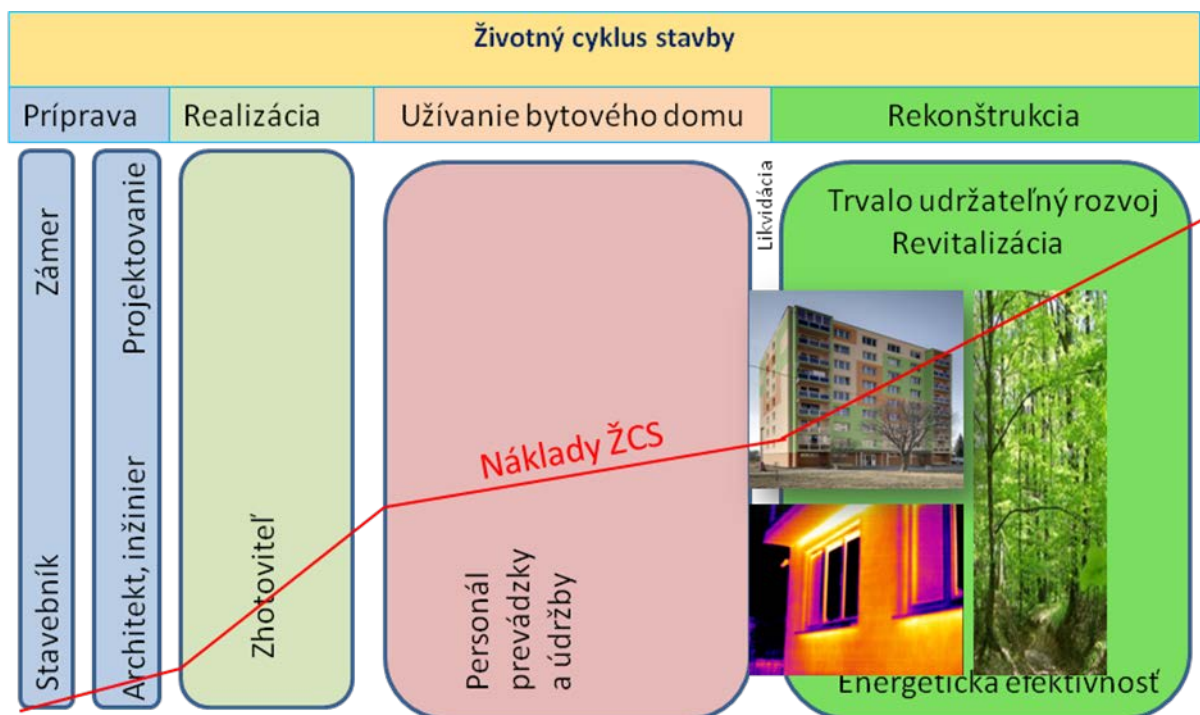
Abstract

The paper deals with the economic evaluation of the costs of revitalization residential building and the identifying a Break-Even-Point. Revitalization consisted in the implementation of these processes: using external thermal insulation, roofing repair coating and replacement stair windows and front door. Economic evaluation of results is from the setting price of residential building insulation and it compares projected costs with actual incurred costs.

Key words: thermal insulation, residential building, budget, costs, profit, Break-Even-Point

1 ÚVOD

V súčasnosti veľmi frekventovaná revitalizácia - obnova bytových domov má za úlohu, zabezpečiť zo strany stavebníka naraz niekoľko, na seba nadväzujúcich požiadaviek. Prvou požiadavkou je zabezpečiť zníženie spotreby energie na vykurovanie. Z toho vyplýva automaticky naplnenie druhej požiadavky, a tou je zníženie zdraviu škodlivých emisií CO₂. Obnovou bytového domu sa súčasne zabezpečí aj ďalšia požiadavka, a to predĺženie životného cyklu budovy. Spomínanými požiadavkami sa vytvára predispozícia trvalo udržateľného rozvoja (obr.1). Na splnenie týchto požiadaviek je potrebné vynaložiť značné náklady. Téma je nanajvýš aktuálna, keďže podľa odborných odhadov je ešte stále takmer ¾ bytového fondu bez zateplenia. Konkrétne podľa Združenia pre zateplovanie budov je v segmente rodinných domov 20,2% zateplených a v segmente bytových domov je to 31,9% zateplených bytových domov za posledných osemnásť rokov.



Obr. 1 Životný cyklus stavby ŽCS

Ekonomické vyhodnotenie vyplýva zo stanovenia ceny realizácie zateplenia bytového domu. Cena, tak ako aj pri iných produktoch, pozostáva z dvoch hlavných zložiek, ktoré tvoria náklady a zisk. Vo väčšine príspevkov sa stretávame s nákladmi na zateplenie len ako s jednou kumulovanou položkou - cenou a to vo vzťahu ku návratnosti celkovej investície a vo vzťahu ku zníženiu výdavkov na spotrebu energie. Potencionálni stavebníci veľmi často zisťujú, aké náklady so sebou budúca investícia prinesie. Vo väčšine prípadov je im poskytnutá cenová informácia, že celkové výdavky na zateplenie budú v rozmedzí od 30 do 40 Eur na meter štvorcový. V druhom prípade zvyknú zhotovitelia cenu za meter štvorcový diferencovať presne položkovite, na cenu za stavebný materiál a na cenu za vykonanú prácu. Pri určovaní týchto cien poznáme dva hlavné spôsoby, ako zistiť náklady zhotoviteľa na danú realizáciu zateplenia stavby. Jedným zo spôsobov je určiť cenu využitím smerných orientačných cien. Smerné orientačné ceny sú spracované špecializovanými firmami, ktoré vytvárajú databázy cien pre tvorbu rozpočtov stavieb. Tieto ceny sú pravidelne aktualizované a spravidla sa jedná aj o ceny maximálne. Naopak minimalizovať tieto ceny zhotoviteľa dokážu iným spôsobom, a to použitím individuálnej kalkulácie stavebných prác, kde sú už zahrnuté konkrétne podmienky realizácie stavby a ceny v rozpočte už nepredstavujú smerné orientačné ceny ale odbytové ceny od konkrétneho dodávateľa stavebného materiálu. Zníženie tejto ceny je možné získať napríklad množstevnými zľavami a pod. Obdobne, každý zhotoviteľ realizuje stavebné práce s určitou výškou réžie a tá je u jednotlivých zhotoviteľov rôzna. Výška réžie závisí od veľkosti zhotoviteľskej firmy, od počtu zamestnancov ako aj od počtu zákaziek. Článok hovorí o tom, ako vzniká spomínané cenové rozpätie 30-40 EUR za meter štvorcový zateplenia stavby.

Popis kalkulovania nákladov zhotoviteľa je uvedený na konkrétnom príklade obnovy bytového domu, kde sú analyzované ekonomické vzťahy medzi výnosmi, nákladmi, objemom výroby a ziskom, ktoré vyplývajú zhotoviteľovi.

2 TVORBA ODBYTOVÉHO ROZPOČTU

Odbytové parametre stavby sú definované položkovým rozpočtom, ktorý je výsledkom finálnej dohody s investorom stavby a tvorí prílohu zmluvy o dielo. V našom príklade uvádzame na tomto mieste zjednodušenú štruktúru, poskytujúcu informácie o celkovej výške zmluvnej ceny a štruktúre realizovaných procesov stavby: – zateplenie obvodového plášťa, oprava povlakovej strešnej krytiny a výmena schodišťových okien a vchodových dverí (Tab.1).

Tab. 1 Rekapitulácia stavby – odbytový rozpočet

Stavba:	Obnova bytového domu			
Kód	Zákazka	Cena bez	DPH	Cena s DPH
383-dod.č.3	Obnova bytového domu	102 627,41	19 499,21	122 126,62
383-d.č.3a	Zateplenie obvodového plášťa	88 684,08	16 849,98	105 534,06
383-d.č.3b	Oprava povlakovej krytiny	5 680,90	1 079,37	6 760,27
383-d.č.3c	Vchodové dvere a schodišťové okná	8 262,43	1 569,86	9 832,29
	Celkom	102 627,41	19 499,21	

2.1 Spracovanie ponukovej kalkulácie

Pri spracovaní a prerokovaní cenovej ponuky bola zhotoviteľom spracovaná ponuková kalkulácia za účelom posúdenia ekonomickej výhodnosti zákazky a predpokladanej výšky zisku. Informáciu o celkovej výške predpokladaných nákladov poskytuje

Tab. 2 v členení podľa realizovaných procesov. V tabuľke sú tieto procesy uvedené ako agregované. Ponuková kalkulácia pozostáva z individuálne vykalkulovaných položiek na materiál, mzdy, náklady na stroje a poddodávky. Celkové náklady obsahujú aj nekalkulované položky, medzi ktoré patria aj vedľajšie rozpočtové náklady (VRN). Medzi VRN patrí zariadenie staveniska, mimostavenisková doprava, územné a prevádzkové vplyvy.

Tab. 2 Rekapitulácia stavby – ponuková kalkulácia

Stavba: Obnova bytového domu							
Kód (dod.č.)	Zákazka	Náklad celkom	Materiál	Mzdy a odvody	Stroje	Pod-dodávky	Nekalkulované položky
183-dod.č.-3	Obnova bytového domu	80 611,18	22 412,11	30 207,78	5 822,48	20 726,58	1 442,20
183-d.č.3a	Zateplenie obvodového plášťa	69 659,18	22 412,11	30 207,78	5 822,48	11 117,45	99,34
183-d.č.3b	Oprava povlakovej krytiny	4 462,00	0,00	0,00	0,00	4 462,00	0,00
183-d.č.3c	Vchodové dvere a schodišťové okná	6 490,00	0,00	0,00	0,00	5 147,14	1 342,86

Na základe uvedených predpokladov výnosu a nákladov bolo v štádiu predkladania cenovej ponuky spracované vyčíslenie predpokladaného ekonomického výsledku v štruktúre podľa programu Cenkos plus, ktorý je jedným z najpoužívanejších a najznámejších špecializovaných softvérových programov na slovenskom trhu, ktoré slúžia na rozpočtovanie a kalkulovanie cien stavebnej výroby.

2.2 Spracovanie výrobnej kalkulácie

Pred začiatkom realizácie stavby bola ponuková kalkulácia prepracovaná do formy tzv. realizačnej výrobnej kalkulácie (Tab.3) s cieľom aktualizácie na konkrétne realizačné podmienky z hľadiska cien dodávok materiálov, nasadenia pracovnej sily či organizácie práce. Zároveň štruktúra výrobnej kalkulácie má za cieľ sledovať postup realizácie prác a zjednodušiť sledovanie nákladov počas realizácie stavby.

Tab. 3 Výrobná kalkulácia

Kapitola	Názov	Suma						Celkom v EUR
		materiál	mzdy	stroje	OPN	sub	réžia	
1.	Hlavná stavba							
1. 1.	A - Štít 1 celkom	2 255	2 930	0	0	0	0	5 185
1. 2.	B - Zadné priečelie celkom	7 006	9 102	0	0	0	0	16 108
1. 3.	C - Štít 2 celkom	2 255	2 930	0	0	0	0	5 185
1. 4.	D - Predné priečelie celkom	8 817	12	0	0	0	0	21 265
1. 5.	Subdodávky celkom	0	0	0	0	19		19 621
	Cena celkom 1. - Hlavná stavba	20 333	27	0	0	19		67 364
2.	Výrobná réžia							
2. 1.	Manažment stavby						3 341	3 341
2. 2.	Energie						600	600
2. 3.	Priestory, kontajnery						280	280
2. 4.	Služby			125			100	225
2. 5.	Zariadenia						3 421	3 421
2. 6.	Doprava			2 860			2 520	5 380
	Cena celkom 2. - Výrobná réžia	0	0	2 985	0	0	10	13 247
	Cena celkom Stavba	20 333	27	2 985	0	19	10	80 611
	Príspevky							
	Záručný servis							513
	Správna réžia							10 267
	Stredisková réžia							1 027
	Cena celkom (Príspevky)	0	0	0	0	0	0	11 808
	Celkový súčet (Stavba)	20 333	27	2 985	0	19	10	

3 VYHODNOTENIE STAVBY PO UKONČENÍ REALIZÁCIE

Oddelenie controllingu v spolupráci s realizačným výrobným útvarom po skončení stavby by malo spracovať ekonomické vyhodnotenie stavby, ktoré môžeme vidieť v Tab.4. Na to aby bolo možné spracovať ekonomické vyhodnotenie stavby, zhotoviteľ spracuje výrobnú faktúru, kde sú zachytené všetky zmeny, ktoré nastali počas realizácie stavby. Na tomto podklade je možné porovnať a vyhodnotiť plánované náklady so skutočnými nákladmi a vypočítať rozdiel, a tým zistiť dosiahnutý ekonomický výsledok.

3.1 Dosiahnutý ekonomický výsledok

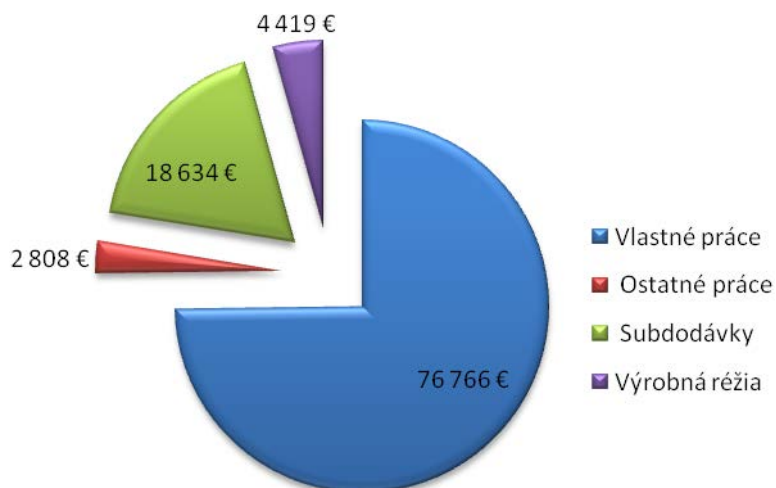
Následne si zhrnieme v bodoch, k akým výsledkom zákazky sme na základe predchádzajúcich údajov dospeli:

- čistý zisk bol vo výške 13 605 EUR, čo predstavuje 13,3% odbytovej ceny,
- skutočný výsledok je lepší ako predpoklad (plán) o 3 391 EUR, resp. 3,3%,
- v rozpočte je cena za 1 m² zateplenej plochy 48 EUR/m²
- skutočná cena za 1 m² predstavuje 31 EUR/ m²,
- úspora za materiál je 3 276 EUR a to z dôvodu dosiahnutia množstvej zľavy pri nákupe izolantu a lepidiel, avšak oproti norme máme nadspotrebu lepidla, keďže sme spotrebovali nie kalkulovaných 7 kg/m² ale až 10 kg/m². (Príčinou je nerovný povrch, čo je potrebné zobrať do úvahy pri kalkuláciách nákladov podobných projektov.),
- časová norma bola priemerne 3,03 hod/m² zateplenej plochy bez montáže/demontáže lešenia a 3,5 hod/m² vrátane montáže lešenia.

Štruktúru tvorby hospodárskeho výsledku zákazky podľa jednotlivých prác zobrazuje Tab.4. Z tabuľky môžeme vidieť, že kladnú hrubú maržu (odbyt – priame náklady) tvorí podnik z činností, ktoré realizoval vo vlastnej réžii, naopak zápornú maržu dosahuje na prácach, ktoré realizoval prostredníctvom poddodávateľov alebo v oblasti vedľajších rozpočtových nákladov.

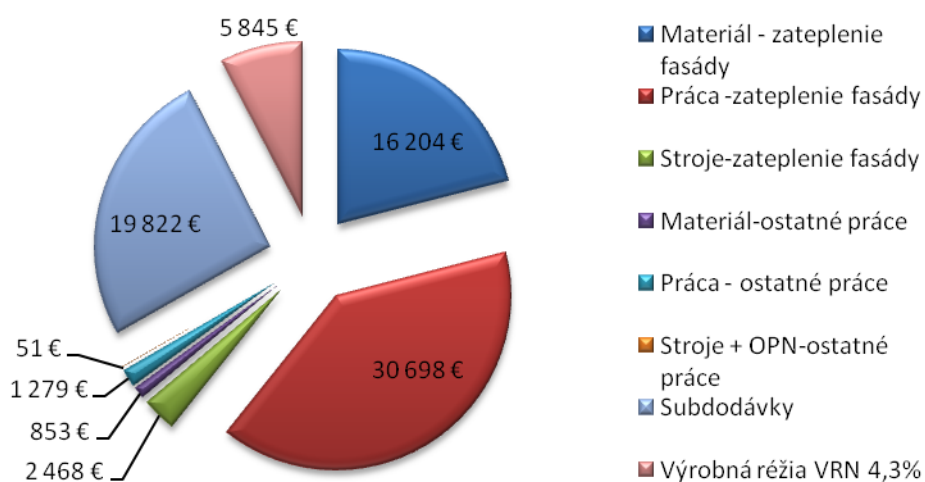
Tab. 4 Štruktúra dosiahnutého hospodárskeho výsledku a tvorba marže

Položka	Rozpočet		Náklady		Hrubá marža		Príspevky na réžiu (EUR)	Čistá marža		Komentár
	EUR	%	EUR	%	EUR	%		EUR	%	
1. Vlastné práce	76 766	75%	49	64%	27 396	36%	8 828	18 568	24%	zisk
A. Zateplenie fasády										
Materiál			16							
Práca			30							
Stroje			2 468							
B. Ostatné práce	2 808	3%	2 183	3%	625	22%	323	302	11%	zisk
Materiál			853							
Práca			1 279							
Stroje + OPN			51							
2. Subdodávky	18 634	18%	19	26%	-1 187	-6%	2 143	-3 330	-18%	strata
3. Výrobná réžia (VRN 4,3%)	4 419	4,3%	5 845	8%	-1 426	-	508	-1 934	-44%	strata
CELKOM	102	100	77	100	25 407	25%	11 802	13 605	13%	zisk



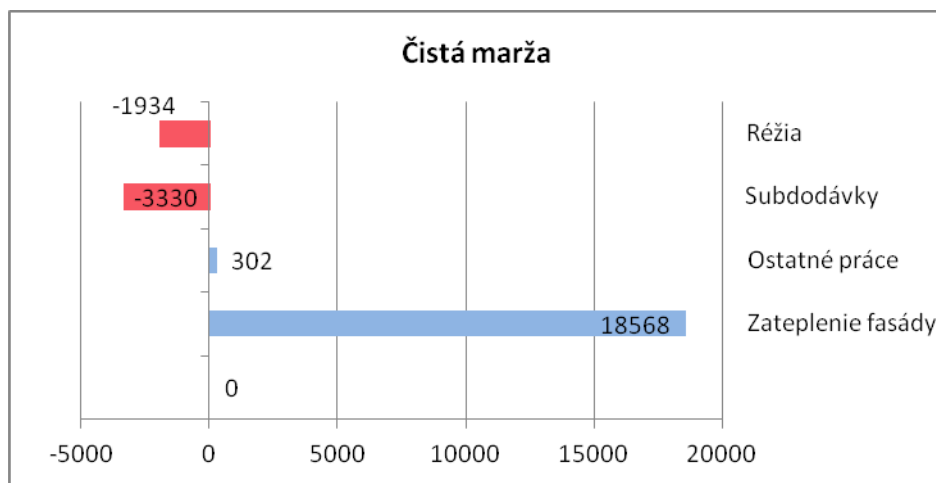
Obr. 2 Štruktúra rozpočtovaných nákladov

Záporná marža z prác realizovaných prostredníctvom subdodávateľov je povšimnutiahodná, je však možné, že podnik tieto práce napriek ekonomickej nevýhodnosti musel zahrnúť do svojej dodávky, nakoľko podmienkou investora mohla byť dodávka prác ako komplet, resp. možno v prípade subdodávateľov mohlo ísť o tzv. nominovaných dodávateľov, kde podnik nemohol vysúťažiť nižšiu cenu subdodávky. Grafické spracovanie jednotlivých podielov v rámci kalkulačného vzorca z celkového rozpočtu 102 627 EUR je uvedené na obr.2. Na obr.3 je uvedené grafické spracovanie skutočných nákladov v hodnote 77 220 EUR



Obr.3 Štruktúra skutočných nákladov

Z uvedených údajov je zrejmé, že ziskovým centrom zákazky sú jednoznačne práce realizované v rámci zateplenia fasády (viď tab.4, obr.4).



Obr. 4 Analýza tvorby zisku

V tab. 4 ako aj na obr.4 je vidieť, že čistá marža zo zateplenia pokryla dosiahnutú stratu z realizácie prác formou subdodávok, resp. nepokrytú stratu vedľajších rozpočtových nákladov.

3.2 Analýza jednotkovej ceny zateplenia

Vychádzajúc z informácie o celkovej zateplenej ploche možno následne analyzovať tvorbu zisku na jednotke výkonu zateplenia fasády, ktorým je meter štvorcový. Ak celková výmera zateplenej plochy bola 1 592 m², potom jednotková odbytová cena zateplenia je cca 48 EUR/m². Skutočné náklady na zateplenie (materiál, práca, stroje) boli celkom vo výške 49 370 EUR, teda jednotkový náklad je cca 31 EUR/m². Dosiahnutá hrubá marža je 36%, čo na jednotku výkonu predstavuje 17 EUR/m². Táto marža potom slúži na pokrytie straty z ostatných druhov prác, ako aj na pokrytie príspevkov na réžie. Celkový hospodársky výsledok je potom čistá marža 13 605 EUR, čo predstavuje cca 8,5 EUR/m² (tab.5).

Tab. 5 Analýza jednotkovej ceny pri zateplení

Položka	Rozpočet		Náklady skutočné		Hrubá marža			Marža ostatných činností (€)	Príspevky na réžiu (€)	Čistá marža (€)
	€	€/m ²	€	€/m ²	€	%	€/m ²			
Vlastné práce	76 766	48	49 370	31	27 396	36	17	-1 988	-11 802	13 605
Materiál			16 204	10						
Práca			30 698	19						
Stroje			2 468	2						

4 STANOVENIE NULOVÉHO BODU – BODU ZVRATU

Nulový bod, inak nazývaný aj bod zvratu, bod rentability alebo bod pokrytia vynaložených nákladov je bod, ktorý stanovuje taký objem výroby, kde sa tržby rovnajú celkovým vynaloženým nákladom. V tomto bode má zisk nulovú hodnotu a zákazka nevykazuje stratu. Tento bod je možné dosiahnuť vtedy, ak sa cena zákazky (produktu) rovná priemerným nákladom, ktoré sú vynaložené na túto zákazku. Analýzou bodu zvratu (BEP - Break-Even-Point Analysis) je možné nájsť cestu k dosiahnutiu zvýšenia zisku. Zvýšiť zisk firma môže doceliť:

- zvýšením objemu realizovaných zákaziek,
- zvýšením ceny stavebných prác,
- znížením variabilných nákladov na zákazku alebo
- znížením fixných nákladov na zákazku.

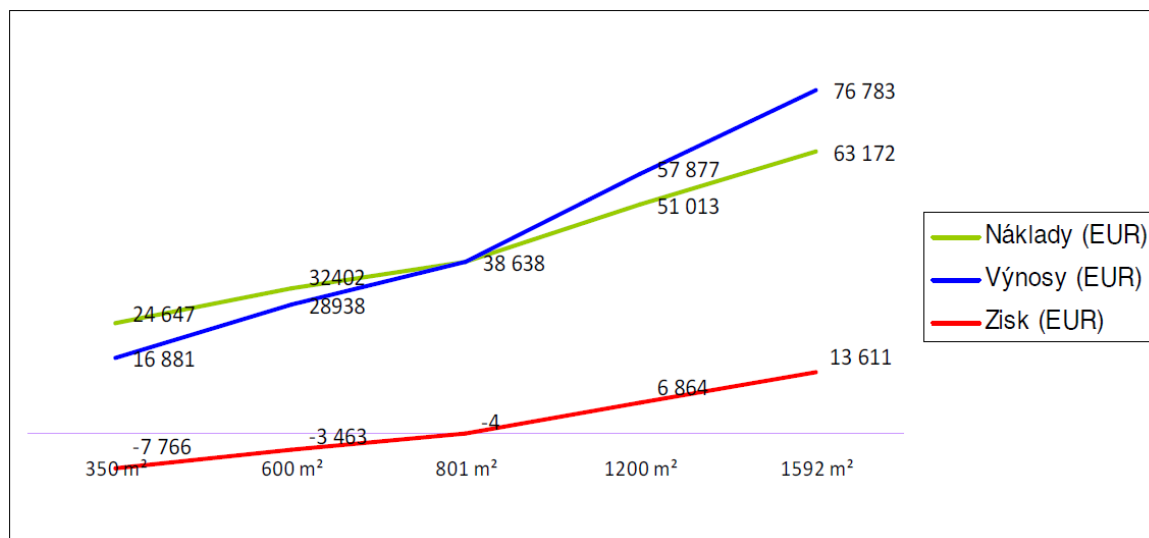
Informácia o jednotkovej cene a jednotkových nákladoch môže poslúžiť na výpočet nulového bodu zákazky, teda výpočtu objemu výkonu rozhodujúceho výkonového parametra, pri ktorom zákazka má nulový hospodársky výsledok. Nulový bod vypočítame podľa vzťahu:

$$Q_0 = FC / (P - AVC), \text{ kde}$$

P - cena výrobkov, Q_0 – nulový bod, FC – fixné náklady, AVC – priemerné variabilné náklady na jeden výrobok.

Nulový bod sa potom rovná: $Q_0 = 13\,791 / (48-16) = 801 \text{ m}^2$.

Na obr. 5 je zobrazený vzťah výnosov, nákladov a tvorby zisku pri vzrastajúcej výmere zateplenia.



Obr. 5 Nulový bod zákazky podľa výmery zateplenia v m²

Z analýzy nulového bodu konkrétnej zákazky zateplenia bytového domu je zrejmé, že nulový hospodársky výsledok firma dosiahla ak zrealizovala stavebné práce o výmere 801 m^2 . V skutočnosti bolo na stavbe zrealizovaných 1592 m^2 . Firma teda na tejto konkrétnej zákazke nebola v strate, ale dosiahla zisk a to v hodnote 13 611 EUR. Pôvodne bol tento zisk ešte väčší, ale firma dosiahla v rámci dvoch položiek kalkulačného vzorca stratu, ktorá sa preniesla do zníženia zisku.

5 ZÁVER

Podľa dosiahnutého ekonomického výsledku stavby je potrebné pre zhotoviteľa stanoviť z akého dôvodu vznikli negatívne rozdiely pri prekročení plánovaných nákladov na subdodávky a taktiež pri prekročení plánovaných vedľajších rozpočtových nákladov, keďže podľa skutočnosti pre VRN nepostačovala hodnota 4,2 % zo základných rozpočtových nákladov. Preto je potrebné, aby zhotoviteľ vypracoval individuálnu kalkuláciu vedľajších rozpočtových nákladov, aby pri ďalšej zákazke nevytvárala táto kalkulačná položka stratu. Taktiež z obsahu príspevku je zrejmé, ako vzniká spomínané cenové rozpätie 30-40 EUR za meter štvorcový a čo v sebe toto cenové rozpätie zahŕňa.

Publikovaný príspevok predstavuje čiastočný výsledok riešenia projektu VEGA 1/0840/11 „*Multi-dimenzionálne prístupy podporujúce integrované navrhovanie a riadenie stavebných projektov*“.

recenzoval: prof. Ing. Mária Kozlovská, PhD.

Použitá literatúra

1. KUPKOVIČ, M. a kolektív. *Podnikové hospodárstvo*. Bratislava: Sprint vfra. 2002. ISBN 80-88848-93-8
2. MESÁROŠ, F. *Ceny, rozpočty a kalkulácie v stavebníctve*. Košice: Stavebná fakulta TU Košice. 2003. ISBN 80-7099-972-1
3. JANOK, M. – OLÁH, M. a kolektív. *Cenová stratégia*. Bratislava: Mika – Konzult. 1996. ISBN 80-967295-3-5
4. SYNEK, Miloslav a kol. *Podniková ekonomika*. 4. vyd. Praha: C. H. Beck, 2006. 475 s. ISBN 80-7179-892-4.

Kontaktné údaje

Ing. Alena Tažiková, PhD.

Bc. Janka Pokryvková

Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta

Vysokoškolská 4, 040 01 Košice

Tel.: 0421 55 602 4380

Email: alena.tazikova@tuke.sk

SLOVENSKÉ STAVEBNÍCTVO, DLHOVÁ KRÍZA A PRODUKTIVITA

SLOVAK CONSTRUCTION SECTOR, THE DEBT CRISIS AND PRODUCTIVITY

Martin Gádoši

Abstrakt

Problémy v ekonomikách eurozóny začali predstavovať vážnu hrozbu pre hlavné ekonomiky Európy a možno v budúcnosti hrozbu aj pre samotné „euro“. Dlhová kríza súvisí nie len so štátnym dlhom a financiami bánk, ale aj so štrukturálnymi problémami. Na spôsobe akým je riešená kríza je pravdepodobné, že bude mať ďalekosiahly vplyv na Európu a aj zvyšok sveta. Súčasné stavebníctvo sa nachádza pod viacerými vplyvmi. Jedným z najvýznamnejších je vplyv dlhovej, alebo hypotekárnej krízy, ktorá sa prejavila ako finančná a následne ako hospodárska kríza. Ovplyvňuje chod stavebníctva a spôsobuje znižovanie dopytu a tým produktivitu stavebníctva.

Kľúčové slová: dlhová, kríza, stavebníctvo

Abstract

The problems in the economies of the euro zone has started to pose a serious threat to the main economies of the Europe and perhaps to the future of the “euro” itself. The debt crisis is not merely related to sovereign debt and bank financials but also with structural problems. The manner in which the crisis is dealt is likely to be of far reaching significance to Europe and to the rest of the world. The current construction sector is under several influences. One of the most important is the impact of debt or the mortgage crisis that occurred as the financial and subsequently as economic crisis. It influences the course of construction sector and causes the reducing in demand and the productivity of the sector.

Key words: debt, crisis, construction sector

1 FAKTORY A ICH VPLYVY NA STAVEBNÍCTVO

Vplyvom vonkajších aj vnútorných faktorov sa rast výkonnosti slovenskej ekonomiky v minulom roku spomalil. Z vonkajších faktorov najväčší vplyv predstavuje dlhová kríza a s ňou súvisiaci pomalší ekonomický rast v eurozóne (vrátane Nemecka), ako aj v Českej republike. Rozhodujúcim vnútorným faktorom bola konsolidácia verejných financií. Tvorba reálneho HDP stúpala o 3.3%, čo je podľa revidovaných údajov o 0.9 percentuálneho bodu menej ako v roku 2010, ale výkonnosť hospodárstva v roku 2011 napriek tomu prekročila predkrízovú úroveň z roku 2008.

Vzostup celkovej inflácie bol primárne dôsledkom vyššej jadrovej inflácie, zvýšenia regulovaných cien, ale čiastočne súvisel aj s opatreniami vlády na konsolidáciu verejných financií (zvýšenie sadzby DPH z 19% na 20%). Hospodárstvo celej eurozóny sa v druhom štvrtroku prepadlo 0,5 percenta, čo je viac, ako hovoril pôvodný odhad. Rast našej ekonomiky sa podľa spresnených dát Štatistického úradu v druhom kvartáli medziročne spomalil z troch percent na 2,8 percenta. Rástli sme však najrýchlejšie v eurozóne. V rámci celej Únie nás predbehlo iba Lotyšsko. Ekonómovia však očakávajú, že rast našej ekonomiky sa v druhom polroku spomalí.

2 VÝVOJ STAVEBNÍCTVA V ROKOCH 2010 - 2013

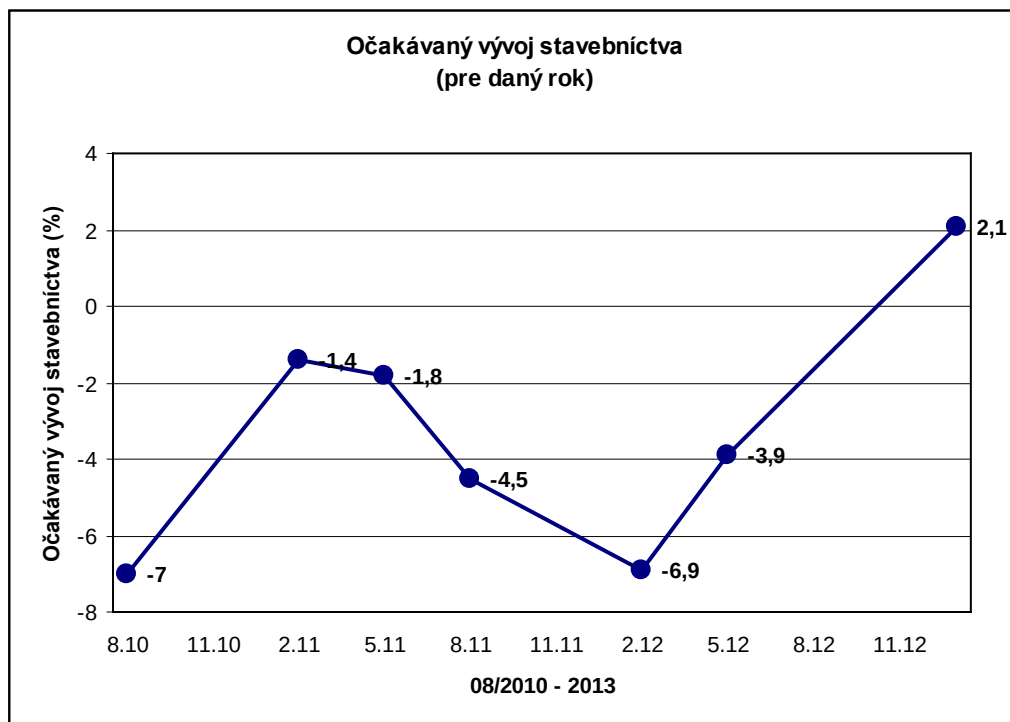
Veľmi významnou mierou v súčasnosti vplýva na stavebníctvo dlhová kríza. Zostupný trend sprevádza slovenské stavebníctvo už štvrtý rok, ktorý má negatívny dopad ako aj na malých a stredných podnikateľov, tak aj na veľké firmy.

Podľa Slovenského štatistického úradu došlo k medziročnému prepadu sektora za prvý štvrťrok tohto roku o 9,2 %. Najviac postihnutou oblasťou bolo inžinierske stavebníctvo, ktoré sa prepadlo o 22,1 %, ďalej pozemné staviteľstvo o 8 % a celkovo sa sektor oproti obdobiu 1/2008 až 3/2012 prepadol o 34,1 %. Možno sledovať veľmi negatívny dopad dlhovej krízy nielen na stavebníctvo, ale aj na ostatné odvetvia slovenského priemyslu. Podľa lídrov slovenského stavebníctva a štúdie spoločnosti CEEC Research s.r.o. možno očakávať prepád aj počas celého roku 2012. Tento prepád by mal byť miernejší oproti minulým obdobiam a malo by dôjsť k prognózovanému zlepšeniu v roku 2013.

2.1 Kríza a jej priebeh

Priebeh krízy, či už finančnej alebo systémovej a následná nestabilita spôsobuje pesimizmus v odvetví. Významný pokles dopytu v roku 2012 sa podpísal na situáciu dnes. Momentálny pokles v stavebníctve sa pohybuje okolo 3,9 %. Perspektíva do budúcnosti je neistá, ale môžeme čakať veľmi mierny nárast v roku 2013. Tento nárast by sa mal pohybovať v kladných číslach a to o 2,1 %.

Obr. 1: Vývoj stavebníctva v rokoch 2010 – 2013

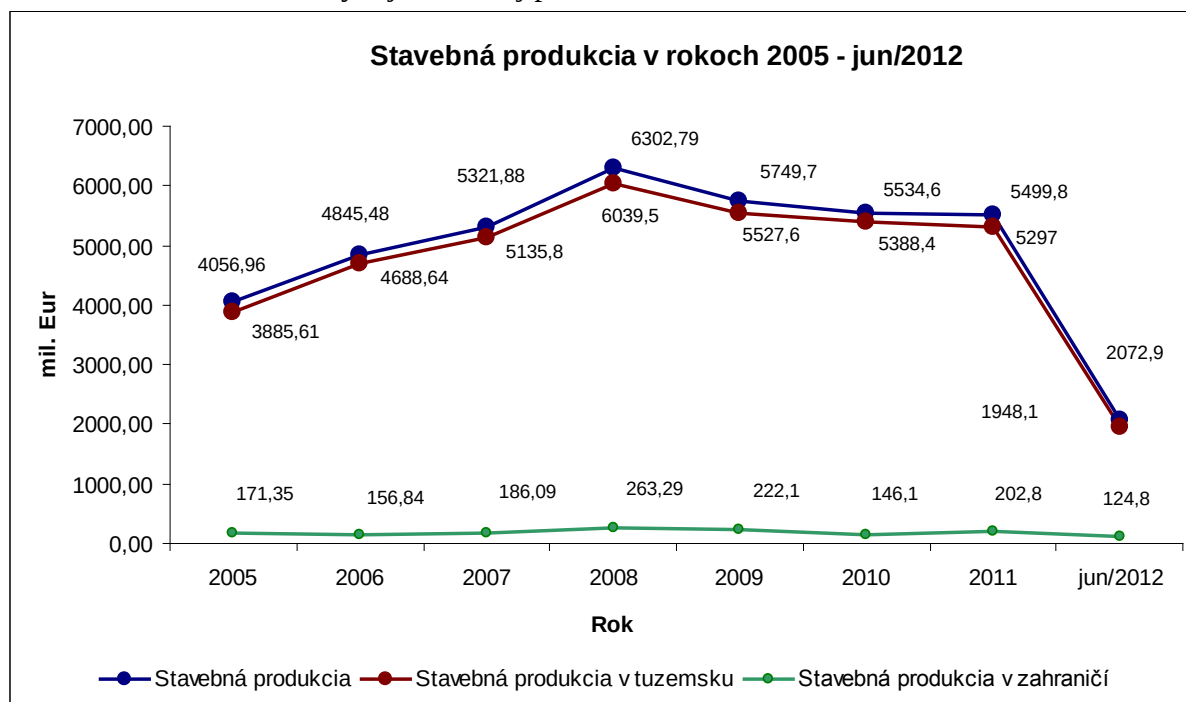


Zdroj: Kvartálna analýza slovenského stavebníctva 5/2012

3 PRODUKCIA STAVEBNÍCTVA A TRŽBY

Súčasne s poklesom dopytu na Slovensku klesá aj produkcia stavebníctva a s ňou samozrejme tržby. Po dlhšom období stáleho prepadu stavebnej produkcie prichádza k obdobiu jeho zastavenia. Do roku 2008 bol zaznamenaný rast produkcie a s ním vznik nových podnikateľských subjektov na trhu, čo spôsobilo presýtenie. Následne po tomto pozitívnom období prišlo k prudkému zníženiu stavebnej produkcie a významné percento týchto subjektov sa ocitlo na hranici krachu z nedostatku zákaziek a presýtený trh sa začal redukovať s klesajúcim dopytom. Tento pokles nás sprevádzal do konca roku 2011, kedy prišlo k jeho zastaveniu. Počas roku 2012 je predpovedaný mierny nárast, alebo udržanie stavu, ktorý ale oproti minulým obdobiam bude stále v mínusových číslach a odzrkadlí sa na trhu v roku 2013.

Obr. 2: Vývoj stavebnej produkcie v rokoch 2005 – 06/2012

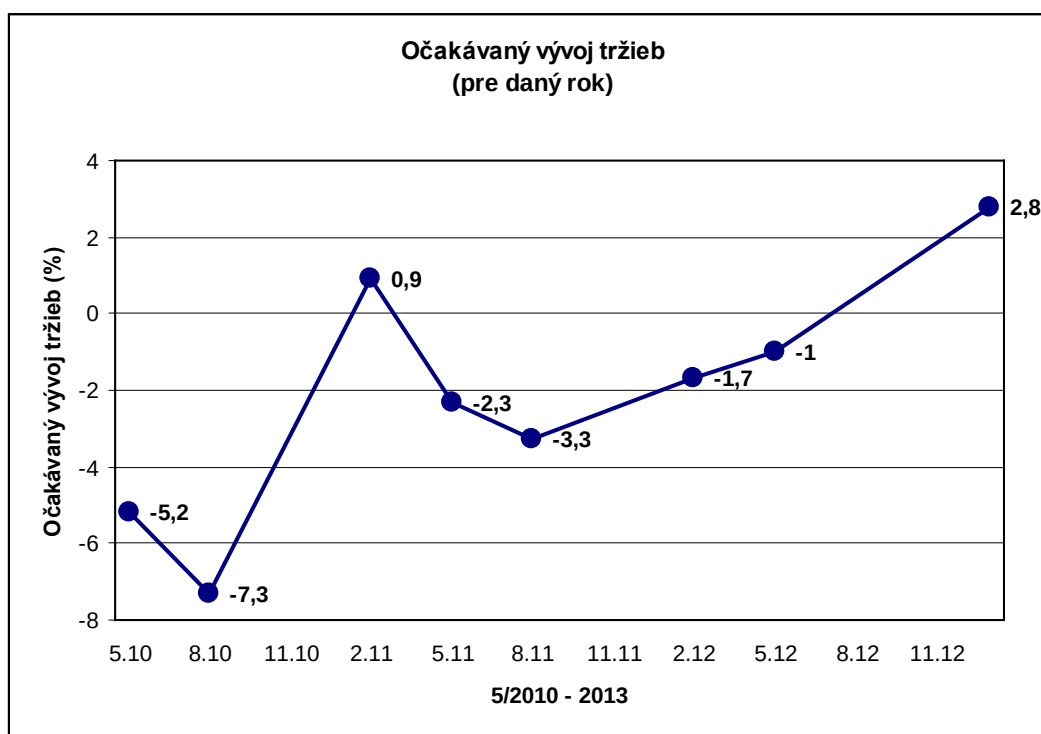


Zdroj: Štatistický úrad Slovenskej republiky 8/2012, [3]

3.1 Tržby

S poklesom dopytu a produkcie klesajú aj tržby. V dnešnom stave tvoria živnostníci, teda malé a stredné podniky 50 % produkcie slovenského stavebníctva, čo predstavuje veľký obrat oproti minulosti a tým menšie pole pôsobnosti pre veľké podniky a gigantov. Na rok 2012 sa očakáva pokles v sektore veľkých spoločností (82 %) a situácia nebude priaznivá ani v roku 2013. Pokles výkonu nastane aj pre malé a stredné podniky, avšak nie až v takých negatívnych číslach oproti poslednému obdobiu. Zníženie tržieb očakáva 44 % malých a stredných podnikov. Optimistickejšie to vidia veľké firmy, ktoré dokonca v roku 2012 očakávajú mierny nárast (63 % z nich).

Obr. 3: Vývoj tržieb v rokoch 05/2010 - 2013



Zdroj: Kvartálna analýza slovenského stavebníctva 5/2012

Podiel spoločností, ktoré v roku 2012 očakávajú pokles tržieb spolu so zlepšujúcim sa výhľadom, sa mierne znížil na menej ako polovicu zo všetkých stavebných spoločností (43 %). Stavebné spoločnosti očakávajú v roku 2012 v priemere pokles tržieb o 1,0 %.

ZÁVER

Príspevok sa zaoberá vplyvom dlhovej krízy na slovenské stavebníctvo, ktorá ovplyvňuje dopyt, produktivitu a samozrejme aj tržby, v dôsledku ktorej predikcia budúceho vývoja nie je priaznivá. Dôležité je zvýšenie dopytu. Ten možno pozdvihnúť naliatím verejných finančných zdrojov do sektorov stavebníctva a tým stimulovanie stavebného sektora. Dôsledkom by bolo zvýšenie produkcie a naštartovanie mechanizmu rezortu stavebníctva. Eliminovať by sa platobná neschopnosť a mohlo by dôjsť k pritiahnutiu nových investorov a tým aj súkromných finančných zdrojov.

Použitá literatúra

1. *Eurozóna sa prepadla viac, ako sa čakalo*. Denník SME, 07.09.2012, s.8
2. HALUŠKA, J. a kol.: *Krátkodobá predikcia vývoja slovenskej ekonomiky v I. polroku 2012*. INFOSTAT Bratislava, február 2012
3. JANKOVICHOVÁ, E.: *Manažér v stavebníctve*. Brno: Tribun EU, 2010, s.103, ISBN 978-80-970530-9-3
4. *Kvartálna analýza slovenského stavebníctva 5/2012*. [on line] publikované jún 2012. [citované 20.08.2012] Dostupné z internetu [http://www.strabag.se/databases/internet/_public/files.nsf/SearchView/4618EAB676855F73C1257A140057ED17/\\$File/Kvart%C3%A1lna%20anal%C3%BDza%20slovensk%C3%A9ho%20stavebn%C3%ADctva%205_2012.pdf](http://www.strabag.se/databases/internet/_public/files.nsf/SearchView/4618EAB676855F73C1257A140057ED17/$File/Kvart%C3%A1lna%20anal%C3%BDza%20slovensk%C3%A9ho%20stavebn%C3%ADctva%205_2012.pdf)

5. LALINSKÝ, T.: Konkurencieschopnosť podnikov po zavedení eura na Slovensku. Bratislava: NBS, apríl 2010, s. 34, ISSN 1337-5830
6. VACEK, J. a kol.: Kvalitatívna štúdia slovenského stavebníctva 2009. CEEC (The Central and Eastern European Construction) Research , KPMG, máj 2009, s.10

Príspevok bol spracovaný v rámci grantovej výskumnej úlohy VEGA 1/0184/12.

Kontaktní údaje

Ing. Martin Gádoši

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta

Katedra technológie stavieb

Radlinského 11, 813 68 Bratislava 1

Tel: +421908 434 003

email: martin.gadosi@gmail.com

RECESSION OF THE CONSTRUCTION SECTOR IN THE GLOBALIZATION CONDITIONS

RECESIA ODVETVIA STAVEBNÍCTVA V PODMIENKACH GLOBALIZÁCIE

Eva Jankovichová

Abstract

During the passed decades globalization and post-industrial revolution has influenced the development of international business, consumer behavior, company management and contributed to the birth, what in a scientific literature is known as Economy of 21st century. For the construction industry, globalization is a trend that means two things: many opportunities and many threats. In the conditions of globalization many management of the construction companies approaches must transform, such as organization structure, strategy forming, planning, motivation and control procedures, communication channels, risks management, etc. The aim of this paper is to point the influence of globalization on construction industry in Slovakia and identify globalizations' impact in the recession conditions of the construction sector.

Key words: *globalization, international business, strategy forming, strengths and weaknesses, recession*

Abstrakt

V priebehu uplynulých desaťročí globalizácia a postindustriálna revolúcia ovplyvnili vývoj medzinárodného obchodu, spotrebiteľského správania, manažmentu firiem a prispeli k vzniku toho, čo sa v odbornej literatúre nazýva ekonomikou 21. storočia. Pre stavebníctvo, globalizácia je trend, ktorý znamená dve veci: veľa príležitostí a mnoho hrozieb. V podmienkach globalizácie veľa prístupov riadenia stavebných firiem sa musí transformovať, ako je organizačná štruktúra, formovanie stratégie, plánovanie, motivácia a kontrolné postupy, komunikačné kanály, riadenie rizík, atď. Cieľom tohto príspevku je poukázať na vplyv globalizácie na stavebné firmy na Slovensku a identifikovať jeho dopady v podmienkach recesie stavebníctva.

Kľúčové slová: *globalizácia, medzinárodný obchod, formovanie stratégie, silné a slabé miesta, recesia*

1 SWOT ANALYSIS OF THE CONSTRUCTION SECTOR

The term globalization refers to the process of increasing economic, technological and cultural interdependence which transcends national borders. It is used by different interest groups for different purposes. Some stress the potential new business opportunities; others highlight the risks of change, in particular concerning jobs moving to low – cost countries.

The construction sector is important to the European economy, accounting for 4% to 9% of gross domestic product (GDP) in the EU Member States, and 4% to 10% of total employment.

For the Slovakia conditions are important to recognise European construction market. Its strengths and weaknesses, opportunities and threats are in swot analysis.

Strengths

- Increased focus on R&D among the large construction companies,
- growing specialisation in many firms has created highly knowledgeable and competent companies within specific construction fields.

Weaknesses

- Low productivity,
- weak industry image among customers and potential new workers,
- problems with health and safety in terms of accidents and physical strain on employees,
- problems with undeclared work,
- little interest in further education and training among small construction companies,
- low level of R&D investment among SME construction companies,
- SMEs lack marketing, ICT and management skills.

Opportunities

- Growth markets in new Member States, China, India and others,
- demographic changes leading to new market developing,
- environmentally sustainable development, including waste management,
- off-site construction,
- embedding ICT in construction products and processes to improve efficiency and effectiveness,
- virtual prototyping for design, manufacture and operation,
- new market segments in BOOT activities (Build – Own – Operate – Transfer).

Threats

- Many European markets with stagnating growth, if any growth at all,
- increasingly globalize engineering sector where Japanese and US construction companies will enter certain European construction sectors,
- recruitment and retention of ageing workforce in some low-skilled professions,
- inter-European price based competition represents a threat to employment in some EU 15 countries.[1]

2 TRENDS AND DRIVES OF CHANGE

The European construction sector faces important challenges today and in the near future. Most factors, which influence and drive change in the sector, will affect the sector in the years to come.

The sector consists of:

- a strong home-oriented market structure;
- a large number of micro and small companies, including self-employed;
- a number of very large international companies, but decreasing number in a global comparison;
- a very low level of R&D investment, especially when compared to Japan.

Most sub-sectors of the construction sector face a high level of competition, yet they are still strongly home-oriented. Several drivers will increase competition in the sector, such as the

strengthening of the internal market by including service activities (the proposed EU directive on services in the internal market), EU enlargement, and a greater degree of market internationalisation for construction materials. Competition, however, does vary between different sub-sectors and from one EU country to another.

2.1 Productivity of the sector

The sector's productivity is low compared to other manufacturing sectors. Due to the nature of construction activities, the scope for mechanization and automation, and thus capital-intensive production, is limited. As a result, the construction sector is still very labor-intensive.

More concerning is that recent history suggests that construction output and private sector construction in particular tends to broadly track swings in GDP, but in an exaggerated manner. Negative or low GDP growth tends to mean recession for construction.

The Slovak construction sector has entered a new era. After a long period of growth, the latest years (2009, 2010, 2011, 09/2012) were showed a decline in the volume of construction. The main reason for such a change was the world economic crisis, which was also affecting Slovakia, with the long-term impact on Slovak construction.

2.2 Sector structure

In 2010, enterprises with fewer than 10 employees accounted for 30% or more of the value added in the total sector (compared to 10% in manufacturing). Within the building completion sector, the share of very small enterprises (fewer than 10 workers) is very high, as these enterprises accounted for more than 50% of the sub-sector value added (Eurostat, 2003a, p. 258).

Although there are many small companies in the sector, four of the 10 largest international contractors (based on contracting revenue generated outside of the company's home country) were from the EU in 2011 (VINCI – France, BOUYGUES – France, HOCHTIEF AG - Germany, Grupo ACS – Spain).

The Top 225 Global Contractors (based on Total Firm Contracting Revenue)

RANK		FIRM NAME & LOCATION
2011	2010	
1	1	China Railway Construction Corp. Ltd., Beijing, China
2	2	China Railway Group Ltd., Beijing, China
3	6	China State Construction Eng'g Corp. Ltd., Beijing,
4	3	VINCI, Rueil-Malmaison, France
5	5	China Communications Construction Group Ltd.,
6	4	BOUYGUES, Paris, France
7	8	China Metallurgical Group Corp., Beijing, China
8	7	HOCHTIEF AG, Essen, Germany
9	10	Grupo ACS, Madrid, Spain
10	9	Bechtel, San Francisco, Calif., U.S.A.

Source[2]: *The Top 225 International Contractors*. ENR, p. 37, available at:<<http://enr.construction.com/toplists/GlobalContractors/001-100.asp>

2.3 Market developments

The market situation for the construction sector as a whole is also changing. EU enlargement opens the sector for competition and new markets in the new Member States. The ageing European population represents a challenge with regard to recruitment. However, construction and renovation of houses and buildings in growing urban areas pose new demands and thus require the markets to develop. Growing awareness of sustainability leads to demands from private and public customers, and from public regulations at both national and EU level. A greater awareness of health and safety issues in the construction sector also puts pressure on the sector to change and improve the construction process. Construction through public-private partnership (PPP) is a developing market. These partnerships open up new types of market activities for financing and operation of the construction outcomes. Other market developments relate to demands from the market and public authorities focusing on the construction process and products. Market expectations evolve with activities to improve sustainability in the construction process, materials and constructions, as well as with rising awareness of health and safety aspects in the sector.

2.4 Technological developments

Forces driving change from within the sector are mostly the use of new technologies and organizational changes to adapt to the external drivers of change. Several factors will play a significant role in improving the sector's competitiveness in the future, such as the use of ICT in materials and buildings (intelligent buildings), for presentation internally and externally (visualization), for communication with customers and among the partners within a construction project, and for process control (monitoring and tagging activities, materials and equipment). In procurement as well as during the construction process the use of e-business improves information sharing and virtual collaboration.

The industrialization of the construction process also reflects the use of technology to change the sector. Through advanced use of prefabricated elements and off-site construction, the sector is hoping to avoid mistakes, to lower costs and reduce completion times. A central theme in construction management is 'lean' construction, planning the process at various levels to safeguard an optimal flow by identifying potential obstacles, timely availability of materials, machinery and labor.

Establishment of a European technological platform for construction embraces the following themes:

1. 'smart construction' which is based on applying innovative and cutting-edge technologies in construction projects, as well as research results in new construction products and processes, etc;
2. 'building the future' which sets out the visions for a future European construction sector as a key element in achieving the Lisbon objectives – a knowledge-based economy, sustainable development and environment, a high quality of life for all, employment, international competitiveness, safety;
3. 'strategies for innovation' which represents the e-Core strategy for European construction research together with other strategies for related sectors and sub-sectors;
4. 'strategic alliances' which addresses new mechanisms and groupings in order to create a European research area in the built environment, brought about by new procurement processes, ICT systems that link all partners in a project, alliances to create sustainable construction, etc.[3]

2.5 Use of ICT in construction

Information and communication technologies (ICT) influence the construction process in various ways, for instance by embedding ICT in ‘smart’ materials/construction products and by offering new ways of interaction and coordination in trade, construction process and monitoring of materials.

R&D and innovation in intelligent materials, constructions and buildings will be a major source for future competitive advantage for construction enterprises. Buildings that will automatically adjust to various external changes and allow occupants to customize them to individual preferences (change of wall color, art, etc.) and materials, components and systems that communicate with each other to optimize their use, are likely to become an everyday need in the future as ICT becomes embedded in everything.

2.6 Changes in qualifications needs

The changes in the sector result in a broad range of qualification needs. These needs will have to be addressed in curricula of general vocational training, as well as in company-specific retraining and supplementary vocational education and training courses. Retraining and other courses address the concrete new challenges within developments in technology, the building process and the market, etc.

The survey outlines the following topics:

- knowledge about and training in the use of new technologies – new generic technologies such as ICT, new materials, chemicals, etc;
- health and safety issues should be emphasized, particularly in general vocational training and education, and training in relation to specific technologies, machinery and materials. This aspect should reduce accidents in the sector and further reduce the share of workers leaving the sector after a few years. The social partners are aware of this problem and address it in a joint work programmed,
- communication, teamwork skills, etc. This aspect is still more important with new construction methods such as lean construction, where productivity is reached by tight time schedules, just in time, etc.

3 RECESSION OF THE CONSTRUCTION SECTOR

This is no ordinary recession. This is a serious depression, the end of which still looks to be at least a couple of years away and possibly a lot further. If that proves the case it would have lasted longer than the Great Depression of the 1930s, although the recession would not have been as quite as deep. Unless there is a major policy shift, we know that in this recession the construction industry is totally reliant on the private sector for recovery. Furthermore the private sector will also have to fill the gap left by £10 billion or so of annual public spending that is forecast to be axed from the three years 2011 to 2013.

From a construction point of construction over view what’s important is that, as economic and social activity change, the whole built environment needs to be adapted to match the newly emerging patterns of production, service delivery and lifestyles. This creates demand for construction. If we look back to the 1990s recession it did create quite marked change, but not particularly in the mix of construction work.

The change in the 1990s was centered on new management thinking and cultural change to organizations. While it's relatively easy to imagine the needs and desires for buildings and structure in the future, in the end effective demand in the form of hard cash will determine the precise mix of construction work.[4]

Conclusion

It is also a company issue in a drive to stay competitive, and it concerns the individual employee in order to remain competent and employable. Whereas large construction companies are equipped to address new skills needs, the large number of small and medium-sized enterprises (SMEs) often do not have the necessary management skills nor are they interested in addressing these needs adequately. But there's much to suggest that rather than renewing and extending the nation's estate the construction industry will be pressed increasingly to reshape it to support a much changed economic and business environment.[5]

References

- [1] JANKOVICHOVÁ, E. (2011), *Impact of Globalization on the Construction Companies Management*. Bratislava: Slovak University of Technology, Bratislava, 2011, (Editing of scientific papers, Booklet No. 104), 139 pp., ISBN 978-80-227-3477-6.
- [2] *The Top 225 International Contractors*. ENR, p. 37, available at: <http://enr.construction.com/toplists/GlobalContractors/001-100.asp>
- [3] European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions, 2005. *Trends and Drivers of Change in the European Construction Sector*. Mapping report, available at: <http://www.eurofound.eu.int>
- [4] GREEN, B.: *Be prepared for a very different construction industry when we rise from depression*. available at: <http://brickonomics.building.co.uk/2011/11/be-prepared-for-a-very-different-construction-industry-when-we-rise-from-depression/>
- [5] *The Slovakian Construction Qualitative Study 2012*. The Central and Eastern European Construction (CEEC) Research. Prague, May 2012.

The paper was worked out within the grant – research project VEGA 1/0184/12.

Kontaktné údaje

Doc. Ing. Eva Jankovichová, PhD.
Slovenská technická univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta, Katedra Technológie stavieb
Radlinského 11, 813 68 Bratislava
Tel: +421-2-5927 4221
e-mail: eva.jankovichova@stuba.sk

NÁKLADOVĚ OPTIMÁLNÍ ÚROVEŇ

COST-OPTIMAL LEVEL

Zuzana Šestáková

Abstrakt

Všechny členské státy Evropské unie, potažmo i Česká republika mají povinnost implementovat do svých národních legislativ požadavky směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov. Na základě této směrnice má každá z členských zemí povinnost stanovit minimální požadavky na energetickou náročnost budov a prvků budov. Tyto požadavky mají být stanoveny za účelem dosažení tzv. nákladově optimálních úrovní, což znamená, že požadavky na energetickou náročnost jak nových, tak stávajících budov musí odpovídat ekonomicky vhodnému návrhu. Tento příspěvek popisuje základní definice, výpočty, principy a důvody vzniku požadavku provádět nákladovou optimalizaci budov.

Klíčová slova: *cost optimum, nákladově optimální úroveň, energetická náročnost budov , srovnávací metodický rámec, celkové náklady*

Abstract

For all member states of the European Union, which also included the Czech Republic is required to implement the requirements of the European Parliament and Council Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings into their national legislation. Based on this directive, each of the member states have to define minimum requirements for the energy performance of buildings and building elements. These requirements should be determined in order to achieve the cost-optimal levels, which means that the requirements on the energy performance of new and existing buildings are complied with economically appropriate proposal. This paper describes the basic definitions, calculations, principles and reasons for the needs to implement cost-optimized methodology.

Key words: *cost optimum, cost-optimal level, energy performance of building, comparative methodology framework, global costs*

1 ÚVOD

V souladu se směrnicí EPBD 2 jsou členské státy povinny stanovit nákladově optimální úroveň minimálních požadavků na energetickou náročnost. Výpočty nákladově optimálních úrovní jsou v současné době prováděny na národní úrovni, což znamená, že nejsou prováděny jednotlivými stavebníky nebo jejich projektanty. Optimální úroveň nákladů není vypočtena pro každý případ, ale pro zpracování všeobecně platných předpisů na vnitrostátní úrovni. Ve skutečnosti totiž existuje mnoho nákladově optimálních úrovní pro různé investory v závislosti na jednotlivých budovách. Proto je nutné zdůraznit, že vypočtené nákladově optimální úrovně nemusí být nutně nákladově optimální pro každou budovu. Z tohoto důvodu je nezbytné, aby bylo zajištěno, že uplatněné požadavky na budovy a jejich části budou vhodným nástrojem po většinu budov.

V souladu s přílohou III směrnice EPBD 2 je tedy nezbytně nutné, aby každý členský stát určil referenční budovy pro účely nákladově optimální metodiky. Referenční budovou se rozumí hypotetická nebo skutečná referenční budova, která má typickou stavební geometrii, technologické systémy, energetickou náročnost, funkčnost, strukturu nákladů a je charakteristická pro místní klimatické podmínky a zeměpisnou polohu. Stanovení referenčních budov by mělo co nejpřesněji odpovídat skutečným budovám v daném členském státě, aby výpočtová metodika zajistila reprezentativní vzorek výpočtů.

Povinností každého členského státu je tedy určit alespoň jednu referenční budovu pro nové budovy a nejméně 2 pro stávající budovy, které jsou předmětem větší renovace, pro každou z těchto kategorií:

- Rodinné domy
- Bytové domy
- Administrativní budovy
- Ostatní veřejné budovy, pro které jsou stanoveny konkrétní požadavky na minimální náročnost.

Nákladové optimum má tedy za cíl zajistit ekonomickou vhodnost legislativních požadavků z pohledu celkových nákladů (investice, provozní náklady, případná likvidace) za smluvené hodnotící období. V současné době v členských zemích EU probíhají výpočty nákladového optima na národních úrovních. Výsledky výpočtů budou použity pro stanovení příslušných legislativních parametrů, vytvářející požadavky na budovy.

1.1 Definice dle EPBD 2

Definice podle novelizované Směrnice o energetické náročnosti budov 2010/31/EU - EPBD 2 (Energy Performance Buildings Directive) nazývá nákladově optimální úroveň takovou úroveň energetické náročnosti, která vede k nejnižším nákladům v průběhu odhadovaného ekonomického životního cyklu, přičemž:

- nejnižší náklady se určují s ohledem na investiční náklady těch částí budovy, které souvisejí s energetickou náročností budovy, náklady na údržbu a provoz (včetně nákladů na energie, pojištění, úspor a případně příjmů z vyrobené energie) a případně náklady na likvidaci
- odhadovaný ekonomický životní cyklus označuje zbývajícím odhadovaný ekonomický životní cyklus budov, když jsou požadavky na energetickou náročnost stanoveny pro budovu jako celek nebo odhadovaný životní cyklus prvku budovy, když jsou požadavky na energetickou náročnost stanoveny pro prvky budov.

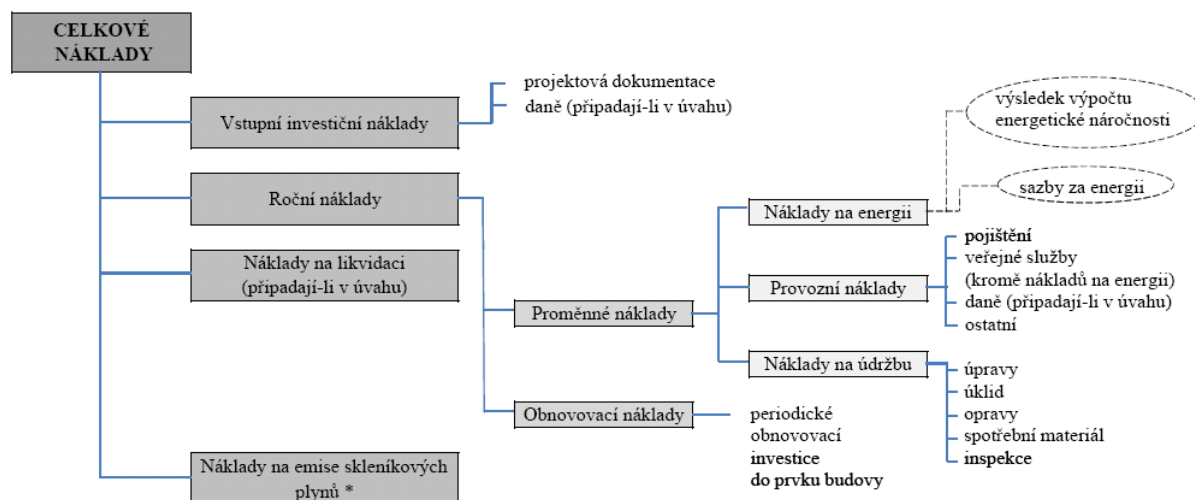
Nákladově optimální úroveň se pohybuje v rozmezí úrovní energetické náročnosti, v nichž je analýza nákladů a přínosů vypočítána pro odhadovaný ekonomický životní cyklus pozitivní.

1.2 Výpočet dle srovnávacího metodického rámce

Srovnávací metodický rámec slouží ke stanovení nákladově optimálních úrovní požadavků na energetickou náročnost budov a prvků budov a to v souladu s článkem 5 a přílohou III směrnice EPBD 2. Tento metodický postup výpočtu nákladového optima je založen na výpočtové metodice čisté současné hodnoty (celkových nákladů – global costs).

Tento metodický rámec dále předepisuje výpočet celkových nákladů ze dvou hledisek – z hlediska finančního výpočtu a z hlediska makroekonomického výpočtu viz. obr. 1. Jakmile jsou provedeny oba výpočty, je na každém z členských států, aby rozhodl, který z výpočtů má být použit jako vnitrostátní nákladově optimální referenční postup.

Obecná formulace ekonomického výpočtu je dána normou ČSN EN 15 459 Energetická náročnost budov – Postupy pro ekonomické hodnocení energetických soustav v budovách, ve které se definují jednotlivé veličiny pro výpočet celkových měrných nákladů.



*Pouze pro výpočet na makroekonomické úrovni

Obrázek 1 - Kategorizace nákladů podle rámcové metodiky

1.3 Výpočet celkových nákladů – finanční výpočet

Finanční výpočet nákladového optima zahrnuje vstupní investiční náklady, proměnné náklady, náklady na energie a případně náklady na likvidaci (pokud to přichází v úvahu). Dále se uvaží zbytková hodnota prvků, jejichž životnost přesahuje za konečný rok hodnotícího období (Doplňujícím nařízením Evropské Komise č. 244/2012 je hodnotící období stanoveno na 20 let pro komerční budovy a 30 let pro ostatní budovy). Náklady se udávají včetně všech daní, poplatků, případných dotací.

Výpočet celkových nákladů je tedy proveden sečtením různých druhů nákladů, na které se aplikuje diskontní sazba pomocí diskontního faktoru tak, aby byly vyjádřeny v hodnotě výchozího roku plus snížené zůstatkové hodnoty:

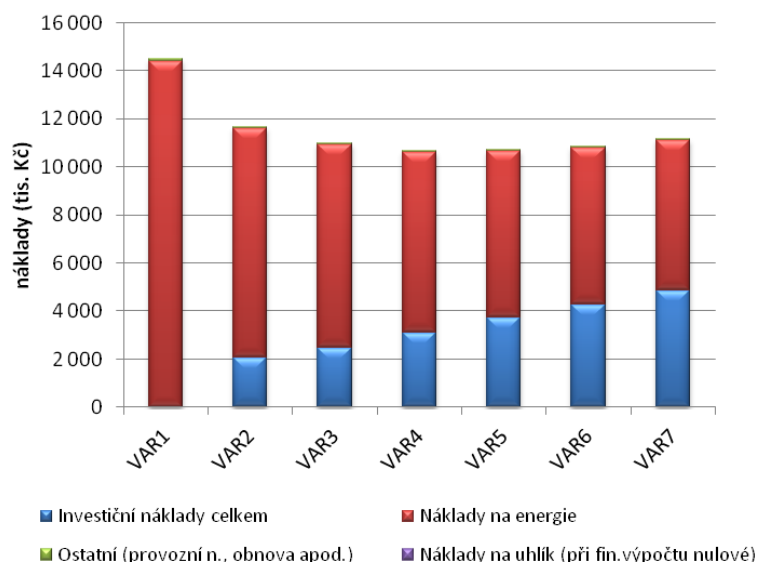
$$C_g(\tau) = C_I + \sum_j \left[\sum_{i=1}^{\tau} (C_{a,i}(j) \times R_d(i)) - V_{f,\tau}(j) \right]$$

T	výpočtové období	[roky]
$C_g(\tau)$	celkové náklady pro danou variantu za dobu hodnocení τ	[Kč]
C_I	vstupní investiční náklady	[Kč]
$C_{a,1}(j)$	roční náklady za rok i pro prvek j	[Kč]
Roční náklady na jsou definovány jako:		

$$C_{a,1}(j) = C_r + C_p(i)$$

C_r	náklady na energie, provozní náklady a náklady na údržbu	[Kč]
$C_p(i)$	obnovovací náklady v roce i (tzn. obnova prvku po dosažení životnosti)	[Kč]
$R_d(i)$	diskontní sazba pro rok i	[%]
$V_{f,\tau}(j)$	zůstatková hodnota prvku na konci výpočtového období	[Kč]

Pro stanovení celkových nákladů pro jednotlivé varianty výpočtu lze vynechat náklady, které jsou stejné pro všechny posuzované varianty a náklady související s prvky budov, které neovlivňují energetickou náročnost budovy. Všechny ostatní náklady je nutné, při výpočtu celkových nákladů, zohlednit.



Obrázek 2 - Příklad finančního výpočtu

1.4 Výpočet celkových nákladů – makroekonomický výpočet

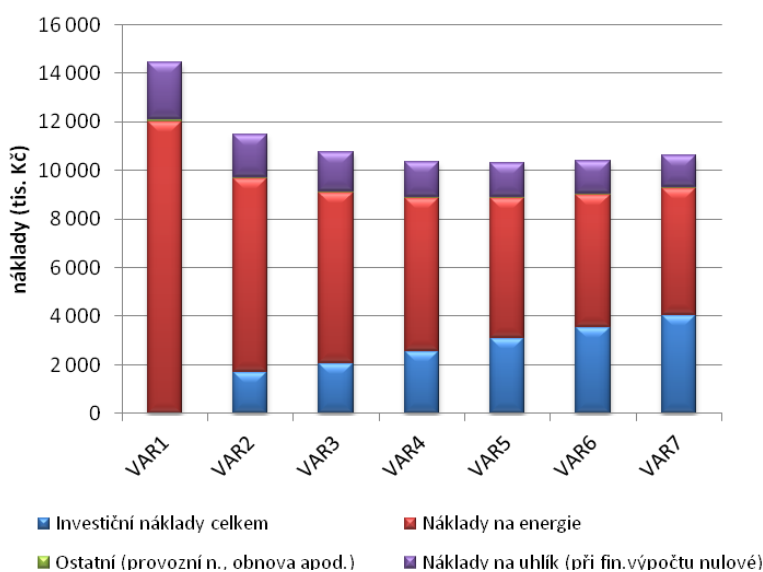
Cílem tohoto výpočtu je zahrnutí celospolečenských aspektů do modelu optimalizace. Makroekonomický výpočet na rozdíl od finančního výpočtu neobsahuje žádné daně, poplatky ani dotace. Naopak zahrnuje navíc náklady na emise skleníkových plynů tak, že se použije součet ročních emisí skleníkových plynů vyjádřený v ekvivalentu CO₂. Náklady na emise skleníkových plynů jsou tedy definované jako peněžní hodnota škody na životním prostředí způsobené emisemi CO₂ vzniklými v souvislosti se spotřebou energie v budově. Doplnují nařízení Evropské Komise č. 244/2012 definuje minimální hodnoty těchto „uhlíkových nákladů“ pro příští roky (až do roku 2050), které mají být pro výpočet použity.

Při určování celkových nákladů pro účely makroekonomického výpočtu se ke kategoriím nákladů uvedených v kap. 1.3 přidá tedy ještě další kategorie, a to náklady na emise skleníkových plynů, takže upravený vzorec pro výpočet celkových nákladů vypadá takto:

$$C_g(\tau) = C_I + \sum_j \left[\sum_{i=1}^{\tau} (C_{a,i}(j)R_d(i) + C_{c,i}(j)) - V_{f,\tau}(j) \right]$$

$C_{c,i}(j)$ uhlíkové náklady na opatření nebo sadu opatření j během roku i

[Kč]

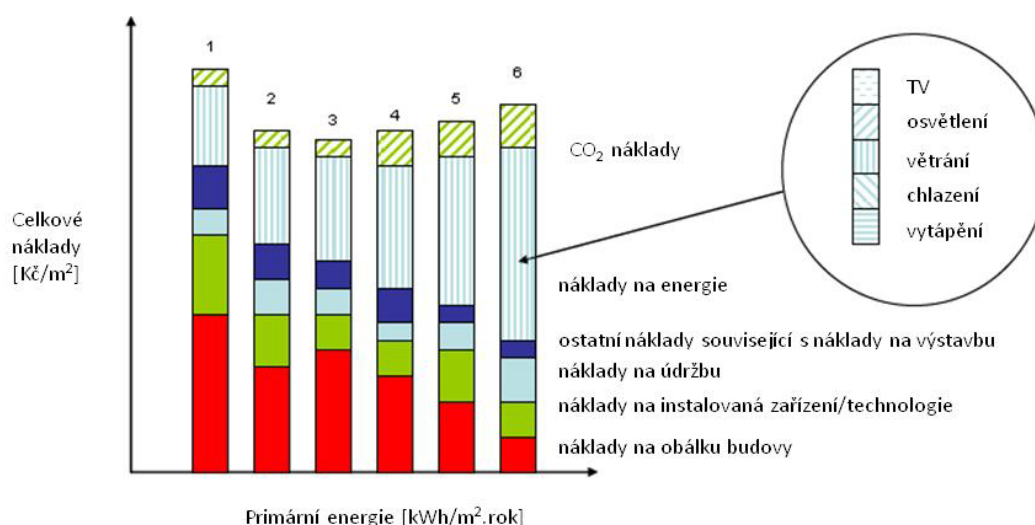


Obrázek 3 - Příklad makroekonomického výpočtu

1.5 Metodika výpočtu nákladově optimální úrovně

Srovnávací metodický rámec, který je nutné používat při výpočtu nákladově optimálních úrovní minimálních požadavků na energetickou náročnost pro nové a stávající budovy a prvky budov, určuje pravidla pro srovnávání opatření směřující ke zlepšení energetické účinnosti opatření, která zahrnují obnovitelné zdroje energie a varianty těchto opatření na základě primární energetické náročnosti a nákladů, potřebných k jejich provedení. Samotná metodika zahrnuje dva základní kroky:

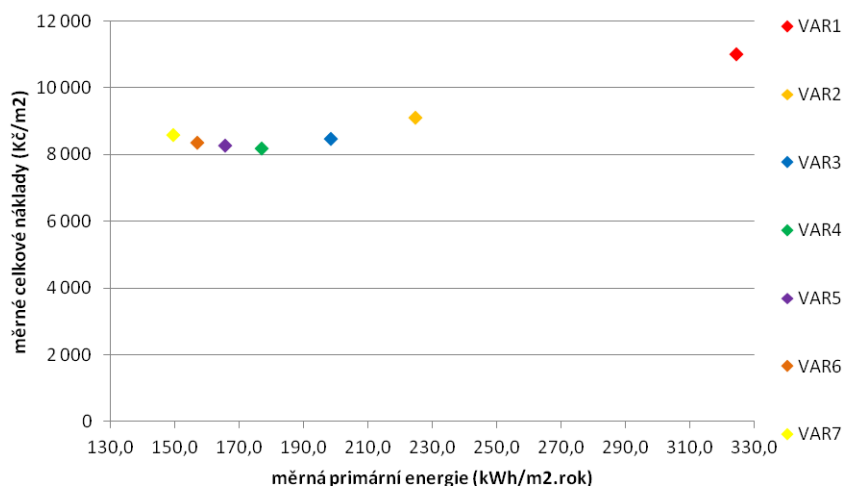
- Definice variant výpočtu energetických parametrů (pro srovnávací analýzu)
Energetické parametry = měrné hodnoty dodané energie pro vytápění, chlazení, větrání, přípravu TV a osvětlení včetně jejich přepočtu na měrnou primární energii (dle faktoru přeměny). Pro výpočet energetických parametrů je nutné vycházet z energetických výpočtů dle platných zákonů, vyhlášek, norem a dalších relevantních předpisů. Nákladově optimální metodika je neutrální, co se týče technologií, a neupřednostňuje jedno technologické řešení na úkor jiného.
- Srovnávací analýza – ekonomický výpočet a následné posouzení definovaných variant
Jak je patrné z obrázku 4 cílem výpočtu je tedy stanovit celkové měrné náklady pro každou z definovaných variant. Ke každé variantě je přiřazena investiční náročnost jednotlivých opatření vstupujících do výpočtu (obálka budovy, jednotlivé technologie), náklady na provoz/údržbu, náklady na energie a v případě makroekonomického výpočtu i náklady na emise CO₂. Do výpočtu dále vstupují další důležité parametry, který mi jsou např.: životnost prvků, doba hodnocení projektu, diskontní sazba a roční růst cen energií.



Obrázek 4 - Obecný příklad složení celkových nákladů pro různé varianty

Výsledkem optimalizačního výpočtu je graf, do kterého jsou vyneseny body jednotlivých variant řešení projektu. Poloha jednotlivých bodů je dána vypočtenými měrnými celkovými náklady a měrnou spotřebou primární energie. Jednotlivé body v grafu je tedy možné propojit pomyslnou křivkou. Nákladovým optímem je ta varianta, které odpovídá nejnižší bod na křivce.

Dle obrázku 5 nákladově optimální hodnotu vykazuje varianta 4.



Obrázek 5 - Konkrétní příklad výpočtu nákladově optimální úrovně

1.6 Závěr

Cílem nastavení nákladově optimální úrovně jednotlivých prvků a systémů v budově je tedy zamezit tomu, aby se stavěly nové budovy nebo rekonstruovaly stávající budovy takovým způsobem, který je z hlediska investice a následného provozu nákladnější, ale přitom vykazují zbytečně vysokou energetickou náročnost v porovnání s jinou možnou (nákladově optimální) variantou.

Dále by mělo nastavení nákladově optimální úrovně zamezit tomu, aby legislativní požadavky na budovy nebyly natolik přísné, že by mohlo docházet k tomu, že investor či projektant budou nuceni hledat takové řešení, které bude ekonomicky nevhodné.

Minimální požadavky na energetickou náročnost se budou pravidelně přezkoumávat a to minimálně jednou za pět let. V případě potřeby se budou aktualizovat, aby odrážely technický pokrok v sektoru budov.

Poděkování

Príspevek vznikl za podpory grantu SGS 12/112/OHK1/2T/11.

Použitá literatura

1. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU (EPBD2), o energetické náročnosti budov, 19.květen 2010, Úřední věstník Evropské unie
2. Nařízení komise v přenesené pravomoci (EU) č. 244/2012 ze dne 16.ledna 2012, kterým se doplňuje směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov stanovením srovnávacího metodického rámce pro výpočet nákladově optimálních úrovní minimálních požadavků na energetickou náročnost budov a prvků budov, 21.březen 2012, Úřední věstník Evropské unie
3. Pokyny k nařízení Komise v přenesené pravomoci (EU) č. 244/2012 ze dne 16.ledna 2012, kterým se doplňuje směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov stanovením srovnávacího metodického rámce pro výpočet nákladově optimálních úrovní minimálních požadavků na energetickou náročnost budov a prvků budov, 19.duben 2012, Úřední věstník Evropské unie

4. ČSN EN 15 459 Energetická náročnost budov – Postupy pro ekonomické hodnocení energetických soustav v budovách, Praha: ÚNMZ, únor 2010
5. ŠESTÁKOVÁ, Z. *Ekonomické hodnocení energeticky úsporných opatření*. 10.Letní škola TZB 2012. 1.vydání. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2012. 93 s. ISBN 978-80-02-02396-8

Kontaktní údaje

Ing. Zuzana Šestáková

ČVUT v Praze – Fakulta stavební

Thákurova 7/2077, Praha 6 – Dejvice, 166 29

Tel: 224 355 480

email: zuzana.sestakova@fsv.cvut.cz

STAVEBNÍ TEORIE
CONSTRUCTION THEORY

ALTERNATÍVNE NÁVRHY NA ÚPRAVU OBALOVÝCH KONŠTRUKCIÍ ZVOLENEJ HALY

ALTERNATIVE STRUCTURAL ENVELOPE DESIGNS AND GENERAL REFURBISHMENT OF AN ELECTED HALL OBJECT

Janka Katunská, Dušan Katunský

Abstrakt

Význam príspevku je poukázať na porovnanie zníženia spotreby energie zvolenej budovy halového typu, ktorá môže byť dosiahnutá úpravou pôvodných obalových konštrukcií a porovnanie so súčasným stavom. Príspevok je pokusom riešiť problém tvorby obalových konštrukcií v alternatívach pre zvolenú priemyselnú budovu v závislosti od druhu činnosti vykonávanej v tejto hale prípadne závode, jej rekonštrukciu v závislosti na ročnej spotrebe energie na vykurovanie, s uvažovaním potrebnej tepelno-vlhkostnej mikroklimy v reálnej prevádzke. Príspevok je súčasťou riešenia grantového projektu VEGA 1/1060/11 "Monitorovanie zmien fyzikálnych parametrov obalových konštrukcií budov za kvázi - stacionárneho stavu pri dynamických zmenách vonkajšieho prostredia", podporeného Vedeckou grantovou agentúrou MŠ SR a SAV.

Kľúčové slová: halové objekty, priemyselné haly, zatepl'ovanie, ročná spotreba energie na vykurovanie, obalové konštrukcie,

Abstract

The content of this contribution is the comparison of energy savings in selected hall object, which can be achieved by the refurbishment of envelope structures as against the present state. The article is trying to solve the problem of alternative creating envelope structures for an industrial hall depending on the activity performed inside respective plants, its reconstruction in relation to year energy consumption for heating, taking into account necessary thermal and humidity microclimate of a real workshop. This contribution is a sequel to the grant project solution. This contribution is a sequel to the grant project solution VEGA 1/1060/11 "Monitoring of changes in physical parameters of envelope constructions in quasi-stationary conditions" supported from Grand Agency of Ministry of Education and Slovak Academy of Science.

Key words: hall objects, industrial halls, thermal refurbishment, energy consumption for heating, envelope structures

1 INTRODUCTION

The subject of this contribution is the thermo-technical analysis of the envelope structure of the selected hall object, evaluation of its annual energy consumption before and after its refurbishment. The energy consumption is strongly effected also by the design of heating system. For this reason it would be desirable also to evaluate the effect of the heating system on the energy balance of the corresponding building.

1.1 Description of selected hall object

The main facade is oriented towards the South-West. There is one storey halls with pillar spans of 15m in the diagonal direction and with a 6x6 m module in the longitudinal direction. The main bearing system is a static one, designed from longitudinal steel-concrete beams, hinge-connected to steel-concrete pillars, 500x600 mm bearing the beam of the crane runway of a bridge crane. In the hall there is a machinery and metallurgy operation situated.



Fig.1. View from North Side on hall object,

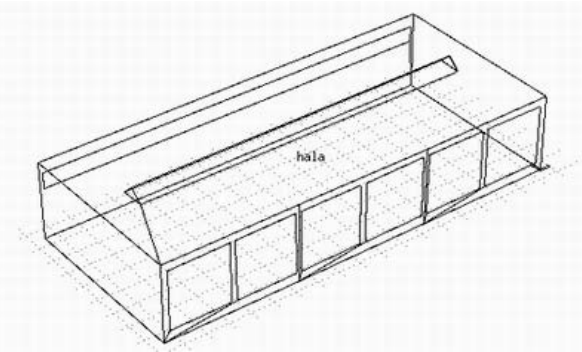


Fig.2. Model for calculation and evaluation

1.2 Description of envelope structures

The exterior envelope of the hall contains brickwork; it is 450 mm thick, made of bricks type CPP 250x140x65 mm. At a certain part it is the brickwork is 375 mm thick, made on bricks type Cdm 240x113x115 mm and lime mortar. The expansion gap between the building and the hall is filled with wood-wool slab, 50 mm thick. From the outer side it is covered with non-setting mastic. The attic is made of bricks, CPP- and Cdm-types. In the joints between the attic and the level cracks occur due to volume changes. The vertical load bearing walls 300 mm thick and 500 mm thick are made of bricks type CPP 290x140x65 mm and Cdm 240x113x115 mm and lime mortar.

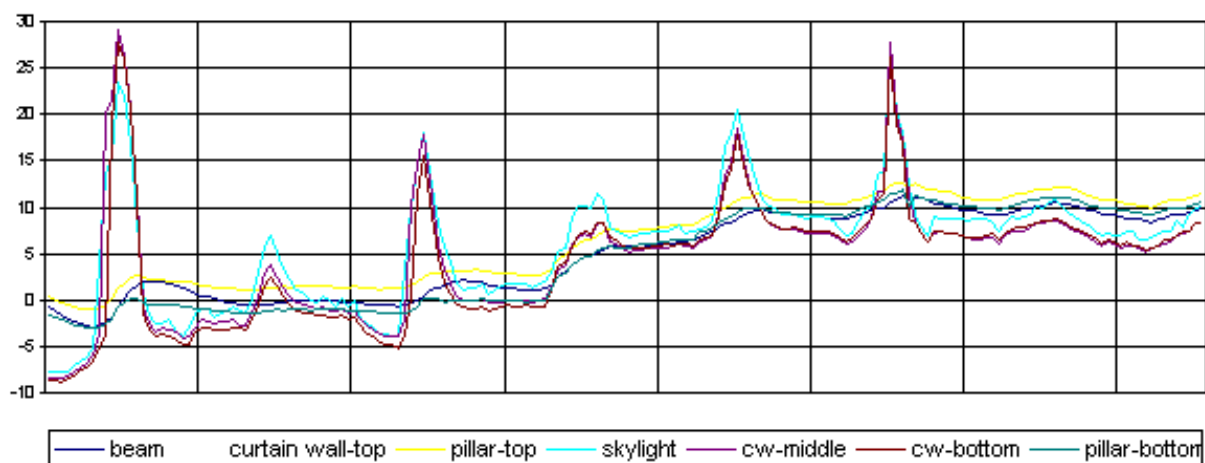


Fig.3. Measured internal surface temperatures in days of January

The object is in poor technical condition. The worst is the situations with the roof where there are repeated defects occur. The roof over the hall is of a single cladding design non-aerated, down graded, with inner dewatering.

The basement walls show defects due to a moisture effect. The external walls of the upper part of the object do not show any signs of more serious defects. In vertical structures there is an aesthetic defect caused by a leakage of a sewage conduit. Due to this fact there is leaking of sewage into the brickwork and consequently the finish is being damaged. The external and internal finish is old and disturbs the aesthetic appearance of the hall building. The surface finishing of the outer side of the brickwork is carried out using lime cement plaster. On the inner side lime cement finish is applied with paint, and in the hall multiple whitewash. Surface finishing of load bearing walls is performed by lime finish and paint. The floor is made from concrete cover, with rough surface, resistant mechanical wear and abrasion.

Transparent fillings are formed by glassed walls and skylights in the halls. The window-types used are standard steel frames with double glazing, glass thickness 3 mm. They are inappropriate because of uptightness and they show big heat losses due to infiltration.

The thermal insulation is formed by foam polystyrene 50 mm thick. The damp-proofing layer is formed by heavy bitumen felts. The climbing onto the roof is made possible by means of treads on the envelope brickwork from the inner side of the object. The membrane roofing defects are caused by the damage to the damp-proofing layer and by incorrect design of the composition due to an adverse annual balance of condensation damp. The thermo-insulating layer starts degrading and maps of moisture on the ceiling board, as well as on ribbed panels occur. By the effect of these defects the atmospheric and condensation humidity penetrates into the interior of the building. The sheet covering of the attic and other plumber constructions degrade due to corrosion.

2 THERMAL REFURBISHMENT DESIGN

The present state of selected hall object is inappropriate from the point of view of envelope structures. Vertical and horizontal bearing structures are in good technical condition, without any static defects and visible cracks. Only the roof structure is posing a problem due to degrading of the damp-proofing layer. Design of the roof gulley is unsuitable and there is a gap in the joint between the attic and the hall suspender beam due to volume changes.

2.1 Possible ways of refurbishment

The reconstruction can be done in several ways:

Option 1/ by complete thermal insulation of the object and by replacing the transparent filling in the glassed steel wall, skylight and gate.

Option 2/ by replacing the transparent fillings in the glassed steel wall and gate.

Option 3/ by additional thermal insulation of the envelope jacket and the roof structure

Option 4/ by roof reconstruction-additional thermal insulation and skylight replacement

2.2 Options of hall reconstruction

In the reconstruction or modernization of hall building (Option 1-4) following activities are recommended:

Glassed steel walls will be removed and parapet masonry will be set higher up to 1,3 m with bricks types CDM 240x113x115 mm and lime mortar and after that thermal insulation will be carried out, using insulating material type Heratekta MB, 100 mm thick. The attic sheet covering will also be removed, all layers of the flat roof (damp-proofing thermal insulation) up to the ribbed roof panel. The roof has been designed as a flat roof, with reverse order of layers, non-walk able, one jacket, non-ventilated, with inner dewatering.

The load bearing structure of the roof jacket is formed by a steel cubic beam. After the removal of the sheet covering of the attic, of all layers of old roof jacket up to the ribbed roof panel, roof galleys and the skylight, the jointing of the ribbed panels is carried out, with subsequent applying of cement cover, 50 mm thick. On the base a damp-proof layer, made of bitumen felts ELASTOBIT PR S 40 is melted down, layed on a dilatation layer, formed by MIKROVENT SR S42 H. After that thermal insulation ROOFMATE LG, 60/50 mm thick, loaded with gravel, is spread. Rain water is carried away by a wash, placed in the hall interior, directly into the public sewer.

For the purpose of energy loss reduction and due to transparent/walled area ratio the way of replacement of large transparent areas, which at present are formed by wired glass, by more appropriate and from the point of view of thermal technique more favorable, polycarbonate type transparent boards was chosen.

After the removal of the old glassed area it is necessary to raise the parapet masonry about 450 mm higher in view of the dimensions of the polycarbonate board and simplification the work of making and carry out thermal insulation by HERATEKTA MB, 100 mm thick. In making the transparent surfaces on the North-West or the South-East facade of the hall it is necessary to set up a tube-steel scaffold according to the Slovak Standard STN 73 8102 and portable scaffold on the inner side according to the Slovak Standard STN 73 8102. Then, from the steel elements U160 a grid will be created, which ensures the stability of the transparent surfaces in horizontal direction. Finally, the assembly of frames follows, formed by a closed steel profile, 3mm 60/50 mm thick.

The heating in the hall after the modernization is secured instead of the original combined convection and hot air, by infra-red radiators located on steel concrete columns. From the point of view of pleasant warmth, economical operation and comparison with other ways of heating the application with the infra-red radiators is more appropriate.

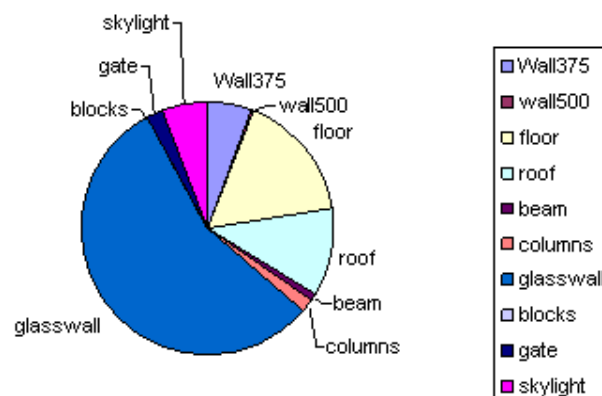


Fig.4. Energy loss through envelope structures before thermal refurbishment

On the surface of ceramic plates flameless burning occurs (surface temperature 85°C- the radiator lights). Energy radiation is very intensive and the radiator becomes a point source. Since the heating by radiation is in its essence a charge of heat on the heated surface, in comparison with convex or hot air heating system it is very economic.

The infra-red radiators are placed at a height of +7,000 m, which secures the necessary distance from the personnel. During the bridge crane travel under the infra-red radiator it is necessary to secure the radiator shut down by means of a contact switch, located in the close proximity of the rail track, in front of a given infra-red radiator.

Table 1. Comparison of an annual energy saving of the hall after its reconstruction

Envelope construction typ	Annual Energy loss Q_t		Annual energy savings of the hall ΔQ_t [%]			
	Original condition		Options			
			1	2	3	4
Brickwork 500 mm	-444,47	ΔQ_t [%]	0,00	0,00	0,00	0,00
Brickwork 375 mm	6288,75		17,22	17,22	17,72	0,00
Column 500 x 600	2056,32		0,00	0,00	0,00	0,00
Floor on the ter.	17733,41		0,00	0,00	0,00	0,00
Roof structure	11829,49		21,49	0,00	21,49	21,49
Glass concrete wall	-127,69		0,00	-1,55	0,00	0,00
Glassed wall	60087,30		68,57	68,57	52,75	0,00
Skylight	6249,60		68,57	0,00	68,58	68,58
Beam	1180,51		40,50	40,50	40,50	0,00
Gate	2363,13		42,86	0,00	0,00	0,00
Q_t [Wh /year]	107,22		47,23	39,92	37,41	6,37
E_1 [kWh/m ³ .year]	51,37		47,23 %	39,92 %	37,41 %	6,37 %

It is necessary to choose such a spot, when shutting down the bridge crane, where the heat effect of the radiator is poor. Since the heating is carried out by infra-red heaters it is necessary to provide for air exchange: Hall type B –18 m³h/1 kW. Designed are new infra-red radiators type KASPO.

2.3 Discussion to results

From the analysis of the reconstruction options it can be seen that the most effective option, from the point of view of energy consumption, the Option 1 seems to be the most efficiency, but also the most expensive.

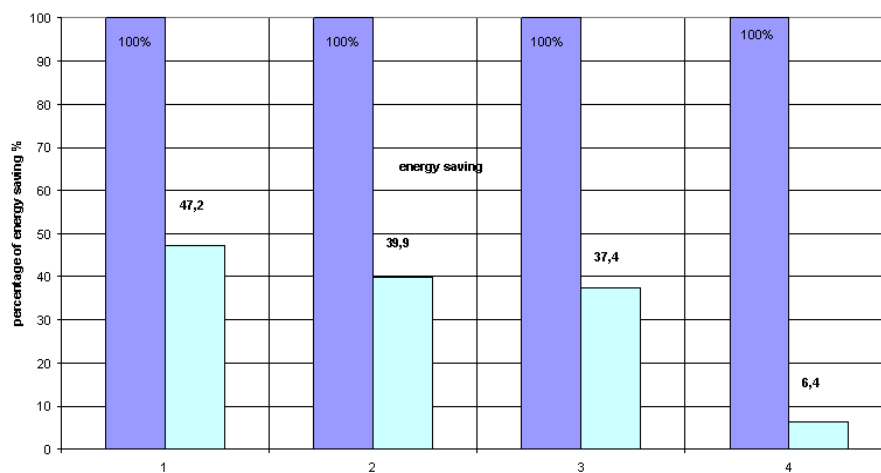


Fig.5. Comparison of energy saving by options 1,2,3,4

The presumed savings in this option 1 present values exceeding 47%, in the option 2 is it about 40 %. In considering two-dimensional heat spreading 40 % savings can be expected. The energy consumption saving in using the infra-red radiators, when compared with the present heating by hot air is 33 %.

3 CONCLUSION

The present state of the hall object is, inappropriate from the point of view of life and some structure condition. The proposed reconstruction and refurbishment of envelope structures on the submitted hall object will reduce its heat losses. The heat losses after reconstruction and thermal refitting will meet the standard criteria.

It is also reflected by the energy consumption of the hall which exceeds the standards recommended values in present state. Therefore it is necessary to prepare a reconstruction of this hall object. It can be considered, that heat losses after thermal refurbishment will meet the standard and hygienic criteria.

Použitá literatura

1. BAGOŇA, M. - LOPUŠNIAK, M. *Interference of frame and glass systems and their impact on thermal performance of fenestration systems* In: Procedia Engineering. Vol. 24, č. 1(2011), p. 375-379. - ISSN 1877-7058
2. JANOUSĚK P. *Department of Metallurgy and Development Workshops MF TU-Košice*, Diploma Thesis TU Košice, May 1999.
3. KATUNSKÁ, J.: *Vplyv vybraných faktorov na energetickú bilanciu objektov halového typu*, Thesis TU Košice, September 2002
4. KATUNSKÁ, J. KATUNSKÝ, D. *Diagnostic of a Selected Industrial Building and Design for its Thermal Refurbishment*, in: *Selected Scientific Paper – Journal of Civil Engineering, TU Košice*, Vol. 3, Issue 1-2008, pgs 37-44, ISSN-1336-9024
5. KATUNSKÝ, D. et al. *Environmental Problems of Indoor Spaces in Industrial Buildings (CD-ROM)*. In: *Modern Environmental Management and Technologies: Academic Conference organized in the framework of the Asia-Link Program of the EU-Commission: Afghanistan-Kabul: 2011* pgs. 1-9. ISBN 978-80-227-3496-7.

Kontaktné údaje

Ing. Janka Katunská, PhD.,
Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta,
Ústav pozemného staviteľstva
Vysokoškolská 4, 042 00 Košice, Slovensko
Tel: +421 55 602 4160
email: jana.katunska@tuke.sk

prof. Ing. Dušan Katunský, CSc.,
Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta,
Ústav pozemného staviteľstva
Vysokoškolská 4, 042 00 Košice, Slovensko
Tel: +421 55 602 4157
email: dusan.katunsky@tuke.sk

ANALÝZA PRIESTORU STAVENISKA A STAVEBNÉHO STROJA Z HĽADISKA PROBLEMATIKY HLUKU

AN ANALYSE OF SITE AREA AND CONSTRUCTION MACHINE IN TERMS OF NOISE ISSUES

Ondrej Kováčik, Lucia Tarábková

Abstrakt

Problematika analýzy hluku na stavbách je rozšírená nielen na Slovensku ale i vo svete. Analyzovať priestor staveniska a stavebného stroja z hľadiska šírenia zvuku je náročná úloha. Hlavným cieľom je čo najlepšie analyzovať zdroje hluku, aby sme mohli čo najefektívnejšie aplikovať opatrenia pre ich zníženie. Môj príspevok je zameraný na metodiku analýzy expozície stavebného hluku bez bližšej špecifikácie cesty k neistote merania. V závere príspevku sa venujem meraniam priamo na konkrétnej stavbe a zistením skutočností.

Kľúčové slova: analýza, stavebný stroj, stavenisko, hluk

Abstract

The issue of construction noise analysis is widespread not only in Slovakia but also in the world. Analyze the construction site area and construction machine in terms of spreading sound is a difficult task. The main objective is to analyze the best sources of noise that we can most effectively apply measures to reduce them. My contribution is focuses on the methodology of analyzing for the construction of noise exposure without specifically journey to the uncertainty of measuring. The end of the contribution is dedicated measurements directly to a specific site and finding facts.

Key words: analyse, construction machine, construction site, noise

1 ÚVOD

Normy, hygienické a legislatívne požiadavky týkajúce sa problematiky hluku sú aj pre zahraničné krajiny dôležité. Na základe analýzy môžem tvrdiť, že nielen na Slovensku ale aj vo svete pojem minimalizovania negatívneho vplyvu hluku zo stavebnej činnosti nie je ľahostajný a stavebné organizácie by mali mať zavedený systém pre jeho minimalizáciu. Nemôžeme zabudnúť na fakt, že jednotlivé procedúry, či systémy pre zníženie negatívneho vplyvu hluku budú fungovať správne pri dodržaní príslušných hygienických a legislatívnych požiadaviek. Tieto požiadavky je nevyhnutné harmonizovať a integrovať do praxe.

Zdroje hluku je dôležité čo najdokonalejšie poznať, aby sme mohli čo najúčinnnejšie riešiť znižovanie hluku priamo na mieste generovania. Vznik hluku vždy súvisí s nejakou energetickou premenou:

- najčastejšie s premenou mechanickej energie kmitajúcich sústav na energiu akustickú;
- neustále prúdenie plynného alebo kvapalného prostredia v dôsledku energetickej premeny.

2 PROBLEMATIKA ANALYZOVANIA PRIESTORU STAVENISKA A STAVEBNÉHO STROJA Z ASPEKTU HLUKU

Analyzovať priestor staveniska z hľadiska šírenia zvukových vln je veľmi náročná a komplikovaná úloha, ktorá sa nedá presne definovať alebo špecifikovať. Priestor staveniska je na toľko jedinečný a z miesta na miesto individuálny, že každé stavenisko si vyžaduje svoju vlastnú charakteristickú analýzu. Keďže sa na stavenisku môžu nachádzať rôzne geologické profily ako jamy, valy, rôzne prekážky, stromy a podobe, je takmer nemožné analyzovať ako sa budú jednotlivé zvukové vlny v danom priestore staveniska šíriť. Faktor terénu je teda pre každé stavenisko iný. Podrobnú charakteristiku zvukových polí uvádzajú rôzne publikácie. Nesmieme zabúdať aj na atmosférické podmienky (sila a smer vetra, teplota a vlhkosť vzduchu), ktoré majú značný vplyv na deformáciu šírenia zvukových vln vo voľnom priestore. Táto problematika je podrobne opísaná v knihe „Akustika budov. Stavebná a urbanistická akustika” [1]. Ďalším dôležitým parametrom je miesto, kde chceme požadovaný hluk analyzovať a merať, pretože jednotlivé hladiny hluku, ktoré produkuje istý zdroj hluku sú v rôznych častiach staveniska rôzne, v závislosti od polohy zdroja hluku a meracieho prístroja. Nemôžeme jednoznačne tvrdiť, že stavebný stroj produkuje určitú hladinu hluku, nakoľko je to relatívny pojem, pretože vždy tento vzťah závisí ako od polohy stavebného stroja na stavenisku, tak aj od reliéfu staveniskového povrchu a od polohy meracieho zariadenia a jeho orientácii k stavebnému stroju. Nesmieme zabúdať aj na fakt, že meracia vzdialenosť, čiže vzdialenosť meracieho prístroja od stavebného stroja je tiež veľmi dôležitá. V blízkosti zdroja hluku môže byť hladina hluku neznesiteľná no, už vo vzdialenosti 15m od stavebného stroja tento fakt neplatí. Stavebný stroj sa bohužiaľ nespráva ako jednoduché zariadenie, ktoré produkuje hluk z jedného miesta, ako napr. bodový zdroj hluku. Správa sa ako zložitý mechanizmus, ktorý by bolo nutné pre potrebu presnejšieho výpočtu produkovanej hladiny hluku nasimulovať pomocou komplikovaného matematického modulu. To však nie je mojou úlohou. Ako príklad analyzovania stavebného stroja uvediem rýpadlo, ktoré je z hľadiska šírenia zvuku veľmi náročne a komplikovane definovateľné. Jeho zdroje hluku sa skladajú z viacerých zariadení ako napríklad pracovný nástroj, výložník, motor, otáčanie, pásy alebo kolesový podvozok.



Obr. 1 Analýza stavebného stroja z hľadiska problematiky produkcie hluku



Obr. 2 Analýza stavebného stroja z hľadiska problematiky produkcie hluku

Každé toto zariadenie produkuje určitú špecifickú vlnovú dĺžku a frekvenciu, ktorá je jedinečná pre toto zariadenie a preto jednoznačné, presné definovanie produkcie hladiny hluku zo stavebného zariadenia je nemožné. Špecifickú skupinu stavebných strojov tvoria generátory, baranenie štetovnic, cirkulárka a mnoho iných. Pôsobenie viacerých stavebných strojov a teda i zdrojov hluku na stavenisku vytvára zložitý a náročný model, ktorý sa nedá nikdy presne zmerať a teda ani klasifikovať. Náročnosť presného merania komplikuje aj skutočnosť, že stavenisko je pružné a v závislosti od času sa vyvíja a mení svoj charakter. Príkladom môže byť fakt, že tam kde sa na stavenisku ešte donedávna v čase merania hluku nachádzali výkopy zeminy, o pár hodín neskôr môže byť situácia úplne odlišná a teda i merané hodnoty iné. Musíme si uvedomiť, že výsledky meraní sa vždy vzťahujú len na aktuálnu situáciu na stavenisku v čase merania. Je preto nevyhnutné naznačiť, že nesmieme zabúdať na skutočnosť, že priestor staveniska je skutočne zložitý komplex. Avšak aj napriek týmto skutočnostiam sa tejto problematike stále venuje nedostatok pozornosti.

3 METODIKA ANALÝZY STAVEBNÉHO STROJA Z HĽADISKA EXPOZÍCIE HLUKU

Vo všeobecnosti platí, že stavebná činnosť vykonávaná na veľkých projektoch bude očakávať výsledky vo zvýšení úrovne hluku ako výsledok:

- prevádzky stavebného zariadenia priamo na stavenisku,
- pohybu stavebných vozidiel (ako aj pohybu zariadení, pracovníkov a materiálu) na okolie

Vplyv každého z týchto zdrojov hluku je potrebné vyhodnotiť. Hluk z prevádzky stavebných zariadení a strojov v určitej oblasti receptorov, v blízkosti staveniska, môžeme vypočítať súčtom hluku produkovaného všetkými časťami zariadenia pracujúceho na stavbe. Pre každú časť zariadenia, sa hladina hluku v mieste receptora vypočíta podľa nasledujúcej rovnice: [2]

$$L_{eq(*)} = E + 10 \log (U) - 20 \log (D/50) - T \quad (\text{dB}) \quad (1)$$

kde $L_{eq(*)}$ – je hladina hluku v špičke časovej periódy (dB);

E – je hladina hluku zariadenia v referenčnej vzdialenosti 15m (dB);

U – je faktor použitia, ktorý reprezentuje časový úsek, kedy je zariadenie v prevádzke na plný výkon;

D – je vzdialenosť od prijímača po časť zariadenia (m)

T – tienenie, je hlukový útlm štruktúrou (budovou, stavbou, konštrukciou, zložením, usporiadaním) (dB)

4 MERANIA HLUKU PRI MODELOVÝCH SITUÁCIÁCH

Merania a monitorovanie hluku pri výstavbe objektu som realizoval pri vybranom stavebnom procese – hĺbenie. Mojou úlohou bolo posúdiť, či expozícia hluku produkovaná na stavbe z vytypovaného stavebného stroja pri jeho nasadení, neprekračuje prípustné povolené hodnoty. Monitoroval som len priame pôsobenie hluku na pracovníkov stavby, nie pôsobenie na najbližšiu zástavbu a teda priamo dotknutých obyvateľov územia. Posudzované miesta a konkrétne modelové situácie s nameranými hodnotami sú zobrazené na obrázkoch. Pri meraní expozície hluku zo stavebného stroja, som si meracie body zvolil vo vzdialenosti 5 m, 10 m a 15 m od nasadeného mechanizmu. Hlukomer sa nachádzal vo výške 1,5 m $\pm$ 0,2 m nad terénom. Merania som vykonal v rôznych situáciách, variant polohy meracieho prístroja a polohy zdroja hluku. Sledoval som i orientáciu pracovného nástroja v závislosti od polohy motora. Nesmieme zabúdať, že tieto faktory sú taktiež dôležité a bližšie som ich spomenul v druhej časti príspevku. Pre lepšiu predstavu uvádzam tieto modelové situácie v obrázkovej podobe.

Údaje o meteorologických podmienkach počas akustických meraní:

Všetky akustické merania boli vykonané pri vzájomne podobných meteorologických podmienkach:

Teplota vzduchu: cca 20 °C

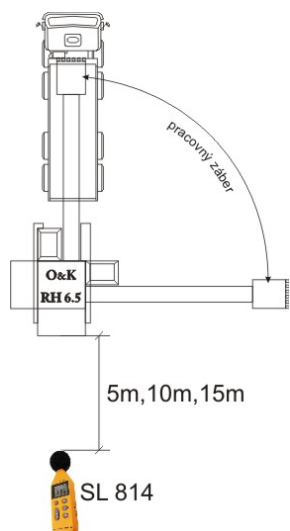
Relatívna vlhkosť vzduchu: cca 50%

Rýchlosť vetra: cca do 2 m/s – skoro bezveterno

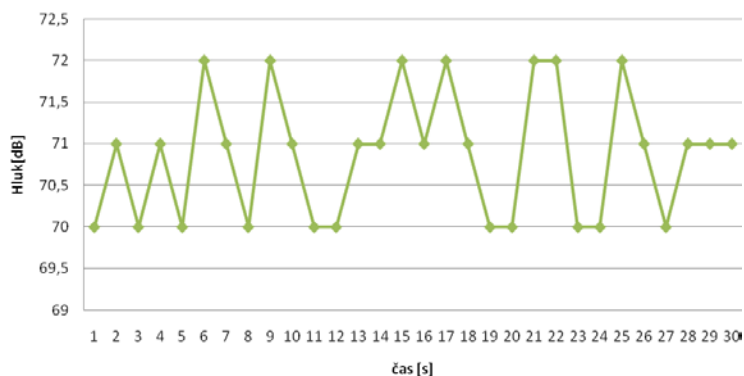
Úhrn zrážok: 0 mm – sucho

Modelové situácie merania hluku a výsledky meraní :

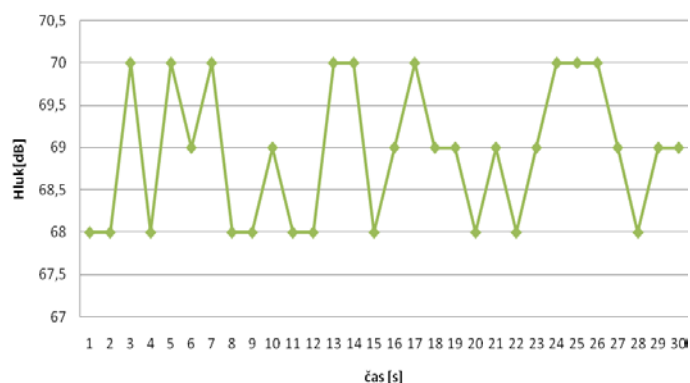
Na jednotlivých obrázkoch sú znázornené polohy stavebného mechanizmu – O&K RH 6.5 v závislosti od polohy meracieho prístroja – hlukomeru SL 814 spolu s výsledkami meraní. Hlukomer sa nachádzal vo vzdialenostiach 5 m, 10 m a 15 m od zdroja hluku, vo výške 1,5 m $\pm$ 0,2 m nad terénom.



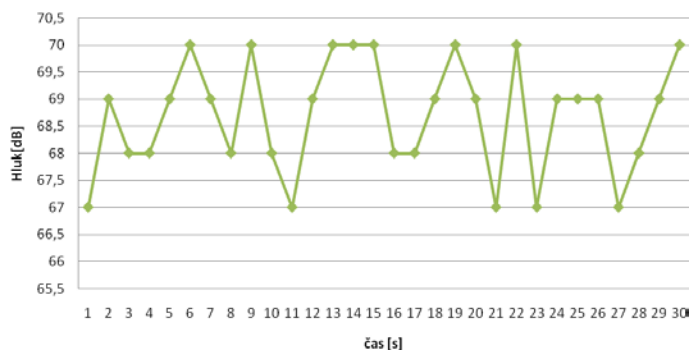
Modelová situácia merania hluku č. 1 -
vzdialenosť hlukomeru 5m



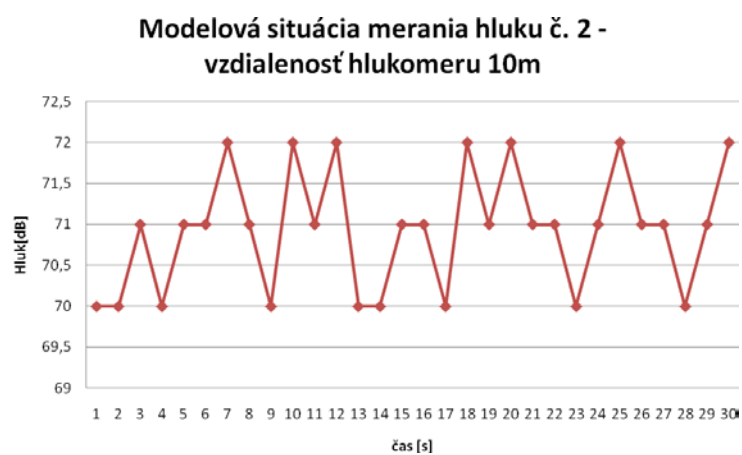
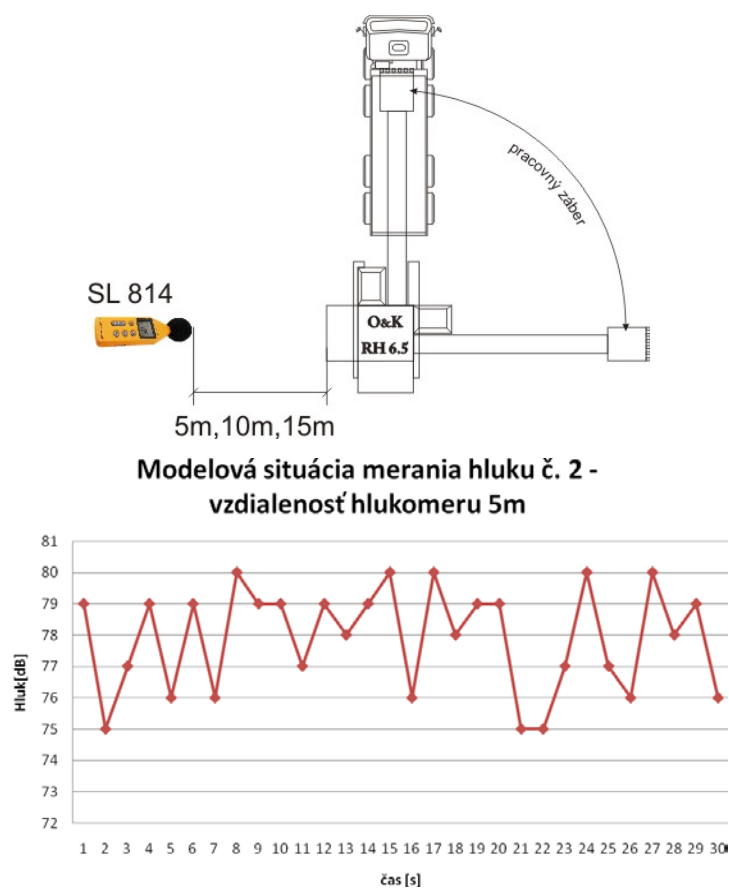
Modelová situácia merania hluku č. 1 -
vzdialenosť hlukomeru 10m



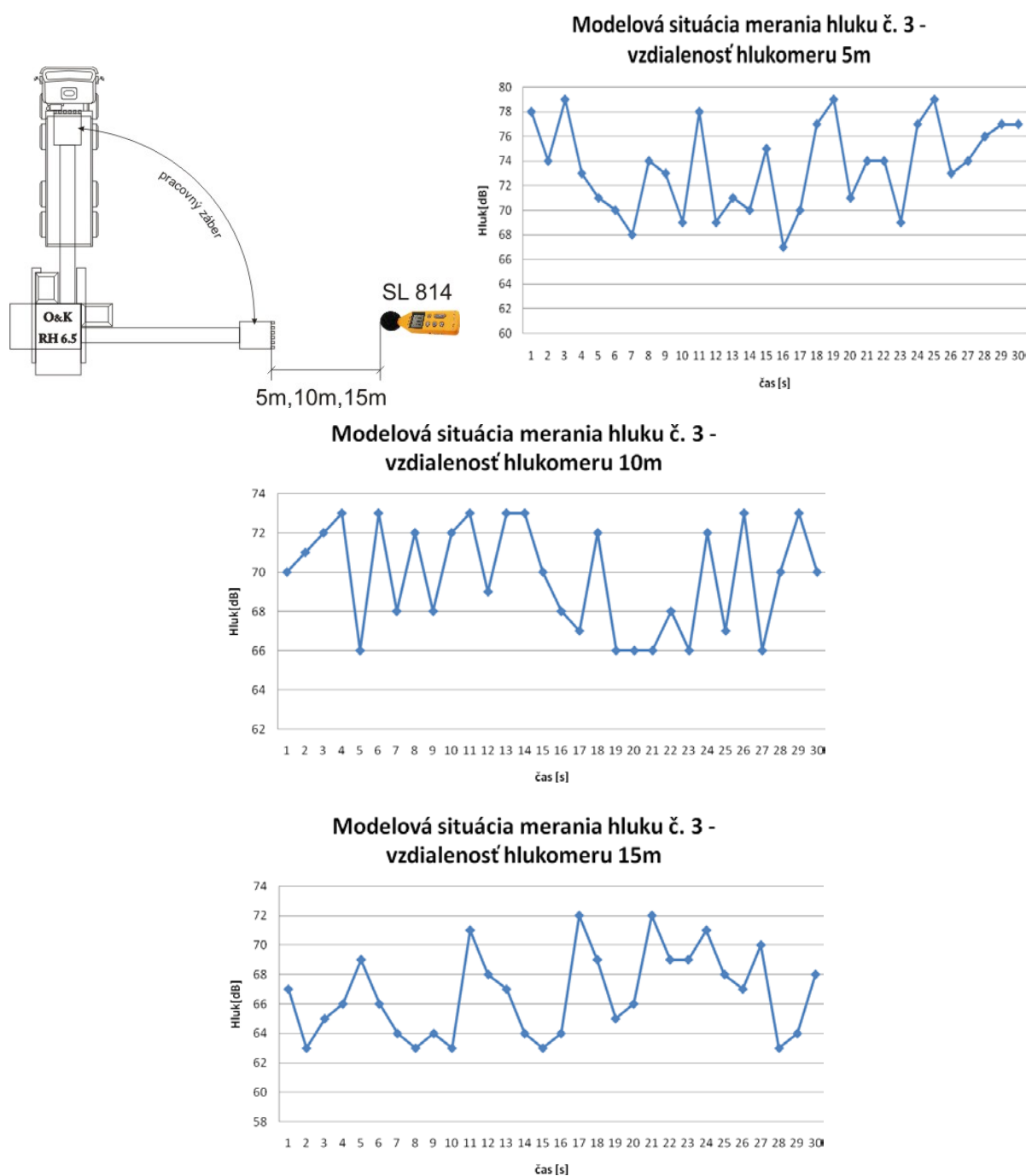
Modelová situácia merania hluku č. 1 -
vzdialenosť hlukomeru 15m



Obr. 3 Výsledky meraní modelovej situácie merania hluku č. 1



Obr. 4 Výsledky meraní modelovej situácie merania hluku č. 2



Obr. 5 Výsledky meraní modelovej situácie merania hluku č. 3

4.1 Meraním zistené a dokázané fakty a vplyvy

Po experimentálnom meraní expozície hluku na konkrétnych modelových situáciách, som dospel k týmto záverom:

- hladina hluku sa v poli cca 100 m od staveniska pohybovala v rozsahu 48 – 55 dB aj pri nasadení stavebných mechanizmov (bez veterné počasie)
- počas silného vetra sa hladina hluku pohybovala v rozsahu 84 – 86 dB, aj na stavenisku pri nasadení stavebných mechanizmov aj v poli vzdialenom cca 100 m od

nasadených stavebných mechanizmov (čiže hladina hluku vetra prevyšovala hladinu hluku zo stavebných mechanizmov)

- pri posune pásového rýpadla sa hladina hluku pohybovala v rozsahu 80 – 85 dB v meranej vzdialenosti 5 m od rýpadla, čo je výrazne vyššia hodnota ako pri pracovnom nasadení
- hladina hluku pásového rýpadla mimo pracovného nasadenia, len s naštartovaným motorom sa pohybovala v rozsahu 61 – 62 dB v meranej vzdialenosti 5 m od motora rýpadla; po vypnutí motora klesla hladina hluku na rozsah 45 – 50 dB
- významný vplyv pri meraní hladiny hluku na stavenisku majú aj faktory ako:
 - dorozumievanie a rozprávanie sa pracovníkov
 - akustické signály mechanizmov (trúbenie)
 - typ záberu (je rozdiel, či rýpadlo začína hĺbiť výkop, čiže odoberá zeminu zhora výkopu, alebo už odoberá zeminu v určitej hĺbke výkopu, prípadne odoberá zeminu z požadovaného dna výkopu)
 - pohyb stavebného stroja počas jeho pracovného nasadenia najmä ak sa jedná o pásové rýpadlo
 - vysýpanie odobratej zeminy do úplne prázdneho, prípadne už čiastočne naplneného nákladného automobilu (napr. pri modelovej situácii č. 3 v meranej vzdialenosti 15 m sa hladina hluku pri vysýpaní zeminy do čiastočne naplneného nákladného automobilu pohybovala do 72 dB, no pri prázdnej korbe stúpala až na hodnotu 81 dB)

Všetky tieto a rôzne iné faktory a tiež vplyvy, spomínané v úvodných častiach príspevku majú podstatný vplyv na skreslenie výsledných nameraných hodnôt.

5 ZÁVER

Pri stanovení limitných hodnôt pre monitorovanie vplyvu expozície hluku na pracovníkov stavby vychádzam z tab. č.1 Nariadenia vlády SR č. 155/2006 Z. z.. Stavebníctvo spadá do skupiny prác IV, kde je povolená akčná hodnota normalizovanej hladiny A zvuku $L_{AEX,8h,a} = 80 \text{ dB}$.

Monitorovanie a meranie vplyvu expozície hluku na pracovníkov stavby je zložité a náročné, moje zjednodušené merania a nimi získané hodnoty nemôžem porovnávať s hodnotou akčnej normalizovanej hladiny A zvuku $L_{AEX,8h,a} = 80 \text{ dB}$ z tab. č. 1. S určitou pravdepodobnosťou si však dovoľím odhadnúť a tvrdiť, že pri mojom vybranom stavebnom procese – hĺbenie výkopov, určite neboli prekročené akčné hodnoty normalizovanej hladiny A zvuku pre IV skupinu prác – stavebníctvo $L_{AEX,8h,a} = 80 \text{ dB}$.

Meraním som dokázal skutočnosť, že hladina expozície hluku je v rôznych situáciách, variant polohy meracieho prístroja a polohy zdroja hluku rozdielna a že pri stavebnom procese – strojnom hĺbení výkopov netreba zabúdať sledovať i orientáciu pracovného nástroja v závislosti od polohy motora. Výsledky merania hladín expozície hluku potvrdili a overili i fakt, že na merania expozície hluku na stavenisku vplyva veľký počet rôznych faktorov a vplyvov.

Nakoľko som mojim meraním expozície hluku pri vybranom stavebnom procese v teréne nezistil ani nepotvrdil žiadne prekročenie prípustných limitných hladín expozície hluku, či už pre expozície hluku zo stavebnej činnosti vo vonkajšom prostredí budov $L_{Aeq,p}$, alebo pre expozície hluku pôsobiaceho na pracovníkov stavby $L_{AEX,8h,a}$, nevidím dôvod navrhovať preventívne opatrenia pre zníženie hlukových emisií.

Navrhujem však, v prípade prekročenia týchto prípustných hladín hluku postupovať podľa jednotlivých krokov, ktoré vedú k zníženiu negatívneho vplyvu hluku pomocou preventívnych opatrení.

Použitá literatúra

1. TOMAŠOVIČ, P., DLHÝ, D., GAŠPAROVIČOVÁ, V., RYCHTÁRIKOVÁ, M.: Akustika budov. Stavebná a urbanistická akustika. Bratislava, STU 2011, ISBN 978–80–227–3019–8
2. WEIXIONG, WU.: Noise Assessments for Construction Noise Impacts. In: 37th International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering 2008 (INTER–NOISE 2008), Shangai – China, Curran Associates, Inc. 2008, ISBN 978–16–0560–989–8
3. STN EN ISO 9612:2010 Akustika. Stanovenie expozície hluku v pracovnom prostredí. Technická metóda. (ISO 9612:2009). 2010
4. Nariadenie vlády SR č. 115/2006 Z. z. o minimálnych zdravotných a bezpečnostných požiadavkách na ochranu zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozíciou hluku (čiastka 47/2006)
5. Vyhláška Ministerstva zdravotníctva SR č. 549/2007 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o prípustných hodnotách hluku, infrazvuku a vibrácií a o požiadavkách na objektivizáciu hluku, infrazvuku a vibrácií v životnom prostredí (čiastka 230/2007)

Kontaktní údaje

Ing. Ondrej Kováčik

Slovenská technická univerzita, Stavebná fakulta, Katedra technológie stavieb

Radlinského 11, 813 68 Bratislava

email: xkovaciko@gmail.com

Ing. Lucia Tarábková

Slovenská technická univerzita, Stavebná fakulta, Katedra technológie stavieb

Radlinského 11, 813 68 Bratislava

email: tarabkova@zoznam.sk

NAPÄTOSTNÝ STAV A SPRÁVANIE SA KONŠTRUKCIÍ CEMENTOBETÓNOVÝCH VOZOVIEK

STRESS DISTRIBUTION AND BEHAVIOR OF CEMENT CONCRETE PAVEMENTS

Andrea Zuzulová, Dominika Hodáková

Abstrakt

Cementobetónové vozovky na cestných komunikáciách preukazujú veľmi dobré vlastnosti a najmä dlhú životnosť. Preto sa stále vo väčšej miere stavajú na komunikáciách pre ťažkú dopravu, napr. na diaľniciach a rýchlostných cestách, ale aj v tuneloch a na letiskách. Keďže cementobetónové vozovky sú z ekonomického hľadiska veľmi nákladné a technicky náročné, je potreba ich čo najefektívnejšie navrhovať a zohľadňovať všetky faktory, ktoré môžu ovplyvňovať ich funkčnosť a bezpečnosť. Ako možno vidieť z poznatkov z praxe, ešte stále nie sú uspokojivo doriešené problémy, ktoré súvisia s navrhovaním a realizáciou vozoviek s CB krytom. Navrhovanie vozoviek prešlo veľmi rýchlym vývojom. Kým existujú nejaké riešenia a opatrenia, ich účinnosť zatiaľ nevieme uspokojivo teoreticky zhodnotiť, a posudzujeme ich len empiricky.

Kľúčová slova: *napätie, vozovka, zaťaženie, teplotný spád*

Abstract

Concrete pavements for roads are showing very good performance and long life. Therefore, it is increasingly built on roads for heavy traffic, for example: on motorways and roads, but also in tunnels and airports. As concrete pavements are economically very expensive and technically demanding, you need designed them most effectively and take account all factors that may affect their functionality and safety. As can be seen from the practical experience, they are still not satisfactorily resolved the problems associated with designing and implementing a road with concrete surface. Designing roads with concrete surface has undergone very rapid development. While there are some solutions and measure their effectiveness, we can not sufficiently assess the theoretical, yet and considering their only empirically.

Key words: *stress, pavement, traffic load, temperature difference*

1 ÚVOD

Cementobetónové vozovky, t.j. konštrukcie vozoviek s cementobetónovým krytom sa stavali a používali najmä tam, kde sa očakávalo veľké dopravné zaťaženie a súčasne sa požadovala dlhá životnosť vozovky. Okrem vozoviek na cestách a diaľniciach, sa cementobetónové vozovky používajú aj na pohybových plochách letiska, na parkoviskách pre ťažké vozidlá, ale aj na rôznych spevnených plochách.

Jednou z možností, ako prispieť k zlepšeniu situácie v cestnej doprave, je využitie týchto vozoviek. Vzhľadom na svoje vynikajúce vlastnosti a dlhodobú ekonomickú výhodnosť patria v súčasnosti medzi najprogressívnejšie spôsoby výstavby diaľnic a rýchlostným komunikácií. Trend prechodu k výstavbe cementobetónových vozoviek môžeme pozorovať v mnohých štátoch EÚ. Medzi krajiny, ktoré sa do budúcnosti zamerali takmer výlučne na vozovky

s cementobetónovým krytom (na najzaťaženejších úsekoch komunikácií) patrí Belgicko (41%), Nemecko (31%), Francúzsko, Rakúsko a takisto aj susedná Česká republika.

Navrhovanie vozoviek s cementobetónovým krytom prešlo veľmi rýchlym vývojom. V súčasnosti sa používajú rôzne metódy výpočtu napätia v cementobetónových doskách, ktoré na posúdenie návrhu konštrukcie vozovky je potrebné poznať. Keďže vývoj priniesol nové používané materiály a technológie na stavbu cementobetónových vozoviek, je stále veľa otázok ešte nezodpovedaných. Kým existujú nejaké riešenia a opatrenia, ich účinnosť zatiaľ nevieme uspokojivo teoreticky zhodnotiť, a posudzujeme ich len empiricky.

Navrhovanie konštrukcií vozoviek na pozemných komunikáciách je súhrny názov pre viacero činností, ktoré súvisia so samotným návrhom konštrukcie vozovky, výpočtom napätí a pretvorení a posúdením konštrukcie vozovky za základe daných kritérií. Podstatou návrhu konštrukcie vozovky je výber materiálov pre jednotlivé konštrukčné vrstvy, voľba hrúbok vrstiev, ako aj návrh úpravy podložia vozovky. Podstatou návrhu konštrukcie vozovky je návrh rozmerov CB dosky: hrúbky, šírky a dĺžky, výber materiálov pre vrstvy podkladového systému, návrh hrúbok vrstiev, ako aj návrh úpravy podložia vozovky. Analytická, teoreticko-empirická návrhová metóda je uceleným systémom, ktorý tvorí návrh konštrukcie vozovky, výpočty modelov a posudzovanie dimenzií a vlastností tuhej vozovky. Schéma systému a jeho častí ako uvádza technická smernica TS 0803 [1].

Hlavné vstupné údaje pre výpočty sú: dopravné zaťaženie, únosnosť podložia a podkladového systému, parametre teplotného režimu a parametre cestných stavebných materiálov (vrstiev). Návrh konštrukcie vozovky s CB krytom musí vyhovovať základným kritériám, ktorými sú:

- ochrana vozovky proti nepriaznivým účinkom premrzania podložia,
- pomer pevnosti betónu a napätia v ťahu pri ohybe v cementobetónovej doske od jednorazového zaťaženia v kombinácii s napätím od teplotného rozdielu ΔT (povrchu dosky a naspodku CB dosky),
- pomer pevnosti betónu a napätia v ťahu pri ohybe v cementobetónovej doske od opakovaného zaťaženia.

Na výpočet napätí sa použijú rôzne metódy a modely. Výsledky výpočtov môžu byť rozdielne, pričom dôvodom sú najmä rôzne predpoklady o vlastnostiach a správaní sa viacvrstvého systému (modelu vozovky).

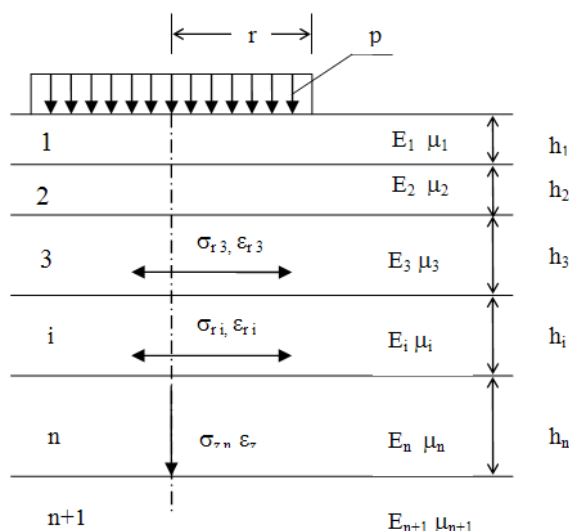
2 VÝPOČTY MODELOV KONŠTRUKCIÍ VOZOVIEK

Výpočty napätí a pretvorení vo vrstvách CB vozovky môžeme robiť pomocou vzorcov Westergaarda, pomocou vplyvových plôch ohybových momentov podľa Picketta a Raya, výpočtovým programom LAYMED, ktorý vychádza z riešenia pružného viacvrstvého systému, ale aj metódou konečných prvkov (napr. programom Nexis).

Jedno z prvých a najrozšírenejších riešení výpočtu napätí pochádza od Westergaarda. Riešenie je založené na predpoklade, že pružná, izotropná a homogénna CB doska, ktorá je definovaná modulom pružnosti (E) a Poissonovým číslom (μ) leží na pružnom podklade a napätie, ktoré je vyvolané zaťažením je priamo úmerné zvislej deformácii dosky. Predpokladom je stály kontakt cementobetónovej dosky s podkladom. V metóde výpočtu platia predpoklady, že dopravné zaťaženie pôsobí cez dotykovú plochu dotykovým tlakom a podkladový systém sa nahrádza vo výpočtovom modeli pružným podkladom, ktorý je charakterizovaný modulom reakcie (k).

Ďalším riešením, ktoré sa uplatnilo v praxi sú vplyvové plochy ohybových momentov podľa Picketa a Raya, ktoré zostavili pre zaťaženie v strede a na okraji dosky charakterizovanej polomerom relatívnej tuhosti. Toto riešenie je výhodné na určovanie napätia vyvolaného zaťažením, ktoré má zložitejší pôdorys (napr. odtláčok lietadla). Metóda využíva vplyvové plochy ohybových momentov, ktoré boli zostrojené pre modul reakcie podkladu podľa Westergaarda za predpokladu, že podložie sa správa ako pružný polpriestor. Vplyvové plochy boli zostavené s predpokladom lineárneho vzťahu medzi zaťažením a deformáciou podložia. Zaťaženie je definované kontaktným tlakom p na kruhovej ploche s polomerom r .

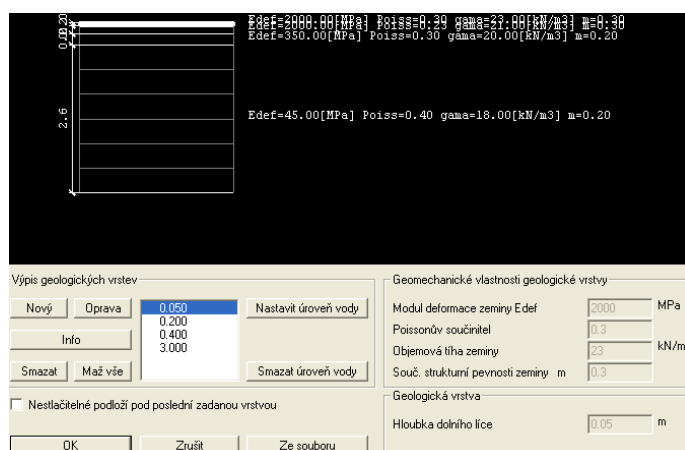
Na výpočet napätí v cementobetónových doskách možno použiť aj riešenie vrstevnatého polpriestoru a to pomocou programu LAYMED. Matematickým modelom vozovky je vrstevnatý polpriestor, ktorý sa skladá z n vrstiev a podložia. Uvažuje sa homogénnosť materiálov, izotropia a pružnosť polpriestoru. Vlastnosti vrstiev konštrukcie sú charakterizované trojicou údajov: modulom pružnosti E , Poissonovým číslom μ a hrúbkou vrstvy h . Podložie je charakterizované dvojicou údajov: modulom pružnosti E a Poissonovým číslom μ keďže má „nekonečnú hrúbku“. Schéma modelu vozovky používaného pre program LAYMED je na obrázku 1. Dôležitou charakteristikou vrstevnatého polpriestoru je kvalita spolupôsobenia susediacich vrstiev na ich spoločnom styku H . Zaťaženie povrchu vrstevnatého polpriestoru je rovnomerné s intenzitou p a má kruhový pôdorys s polomerom r . Úloha je teda osovo symetrická. Riešenie pomocou programu LAYMED je spracované pre netuhé vozovky, no je možné ho aplikovať aj pre tuhé vozovky.



Obr. 1 Schéma matematického modelu vozovky pre výpočet napätí

Okrem týchto a ďalších riešení vrstevnatých systémoch sa v súčasnej dobe používa aj výpočet metódou konečných prvkov (MKP). Výpočtový program Nexis nám umožňuje modelovať a počítať konštrukciu aj s podložími. K iteračnému výpočtu konštrukcie s podložími slúži špeciálny modul Soilin, ktorý je založený na riešení pružného polpriestoru. Fyzikálne vlastnosti zvoleného modelu podložia sú vyjadrené tzv. parametrami interakcie, ktoré sú označené symbolom C . Model podložia v Soiline je fyzikálne nelineárny, nenarastá lineárne so zaťažením. Z tohto dôvodu je potrebné pri správnom postupe zaťažiť konštrukciu kompletným zaťažením sústredeným do jedného zaťažovacieho stavu. Program preto umožňuje zadať pre zaťaženie podložia lineárnu kombináciu zaťažovacích stavov. Schéma matematického vrstevnatého modelu vozovky pre program Nexis je na obr.2. Vstupné údaje pre výpočet programom Nexis sú: hrúbka jednotlivých vrstiev h [m], moduly pružnosti vrstiev a podložia E [MPa], Poissonovo číslo μ , objemová tiaž zeminy γ [kN/m³], súčiniteľ

štruktúrnej pevnosti m , strana štvorcovej zaťažovacej plochy a [m], veľkosť dotykového tlaku p [MPa].



Obr. 2 Príklad zadávania konštrukcie vozovky v programe Nexis

3 VÝPOČTY NAPĚTOSTNÉHO STAVU CEMENTOBETONOVÝCH VOZOVIEK

Cieľom výpočtov bolo zistiť vplyv zvolených parametrov na veľkosť napätí v cementobetónových doskách. Ako premenné parametre som zvolila hrúbku dosky a únosnosť podložia vyjadrenú modulom pružnosti. Tiež sa sledovala závislosť medzi jednotlivými napätiami, ktoré boli vypočítané pre rôzne polohy zaťaženia a pre dva teplotné stavy. Cementobetónová doska mala dĺžku 5,5 m a šírku 3,75 m. Hrúbka dosky bola premenná $h_d = 16, 20, 24, 28, 32$ cm [2]. Podložie bolo definované modulom pružnosti $E_p = 30, 45, 60, 90$ MPa a Poissonovým číslom $\mu_p = 0,40$.

Zaťaženie bolo definované návrhovou nápravou ($2P = 100$ kN, dotykový tlak $p = 0,6$ MPa). Okrem zaťaženia sa uvažovali aj účinky teploty. Teplota je definovaná ako priemerná ročná teplota vzduchu, pre Bratislavu $9,8$ °C (T_1) a pre Poprad $5,8$ °C (T_2).

Výpočty napätostného stavu boli urobené pomocou:

- výpočtového programu LAYMED,
- Westergaardových vzorcov ,
- výpočtového programu Nexis.

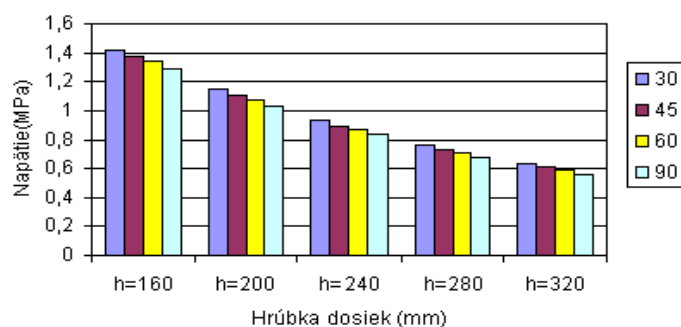
3.1 Výpočet napätí v cementobetónovej doske od účinkov dopravného zaťaženia

Výpočet napätia pomocou výpočtového programu Laymed

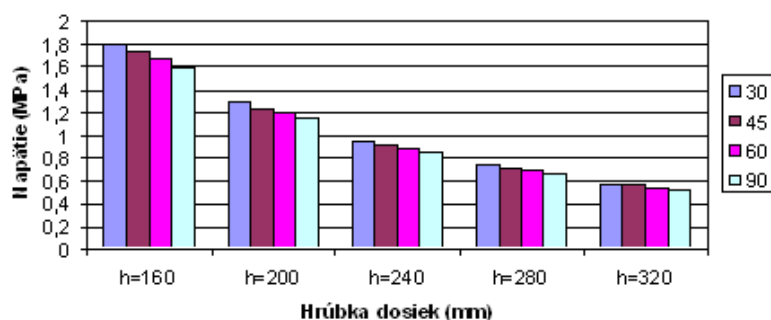
Výsledky výpočtov napätí v cementobetónovej doske sú zhrnuté a vykreslené do jednotlivých závislostí. Na obrázku 3 sú znázornené napätia na spodu cementobetónových dosiek v závislosti od hrúbky dosky a pri rôznych moduloch pružnosti podložia.

Výpočet napätí pomocou upravených vzorcov Westergaarda

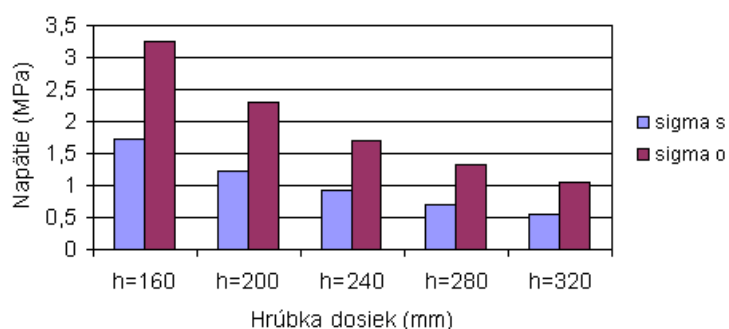
Ďalší spôsob výpočtu, podľa ktorého boli vypočítané napätia je pomocou upravených vzorcov Westergaarda. Na obrázku 4 sú vykreslené napätia v cementobetónových doskách v závislosti od hrúbky dosky a pri rôznych moduloch pružnosti podložia. Na obrázku 5 je porovnanie napätí v cementobetónovej doske v závislosti od hrúbky dosky pre stred a okraj dosky.



Obr. 3 Napätia v ťahu pri ohybe na spodu CB dosiek v závislosti od hrúbky dosky pri rôznych moduloch pružnosti podložia (30, 45, 60 a 90 MPa)



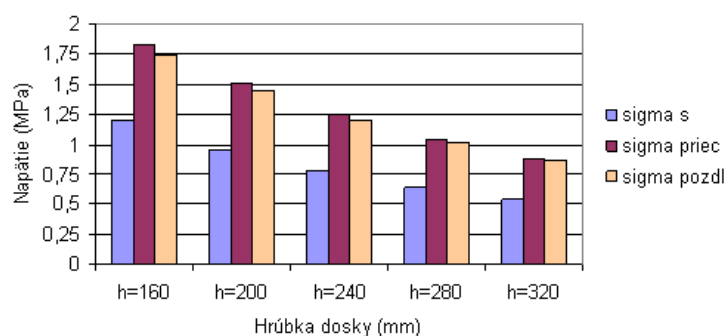
Obr. 4 Napätia v ťahu pri ohybe v strede CB dosiek v závislosti od hrúbky dosky pri rôznych moduloch pružnosti podložia (30, 45, 60 a 90 MPa)



Obr. 5 Porovnanie napätí v ťahu pri ohybe CB dosiek v závislosti od hrúbky dosky vypočítaných pomocou Westergaardových vzorcov pre stred a okraj dosky

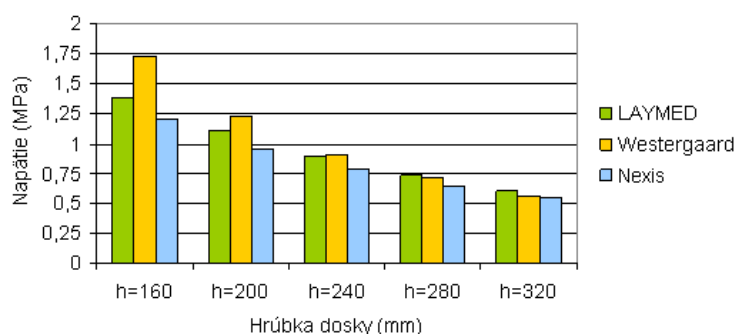
Výpočet napätí pomocou výpočtového programu Nexis

Ďalším spôsobom výpočtu [3], podľa ktorého možno zistiť hodnoty napätí je metóda konečných prvkov - program Nexis. Na obrázku 6 sú zobrazené porovnania napätí v cementobetónových doskách v závislosti od hrúbky dosky pre stred, priečnu a pozdĺžnu hranu.

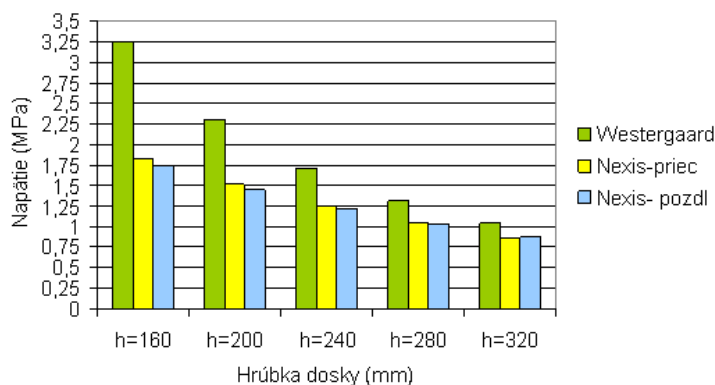


Obr.6 Porovnanie napätia v ťahu pri ohybe na spodu CB dosiek v závislosti od hrúbky dosky vypočítané pre stred, priečnu a pozdĺžnu hranu ($E_p=45\text{MPa}$)

Porovnanie vypočítaných napätí v cementobetónových doskách od účinku dopravného zaťaženia urobených pomocou už uvedených postupov sú vykreslené napätia na nasledujúcich grafoch (obr. 7 a 8). Na obrázku 7 sú vykreslené napätia v cementobetónových doskách pre stred dosky a na obrázku 8 sú vykreslené napätia pre okraj dosky.



Obr. 7 Napätia v ťahu pri ohybe na spodu CB dosky v závislosti od hrúbky dosky vypočítaných viacerými spôsobmi pre stred dosky



Obr. 8 Napätia v ťahu pri ohybe na spodu CB dosky v závislosti od hrúbky dosky vypočítaných viacerými spôsobmi pre okraj dosky

Z výsledkov výpočtov napätí v cementobetónovej doske od účinku dopravného zaťaženia (návrhová náprava) možno vidieť, že vo všetkých troch spôsoboch výpočtu vzniknú najväčšie napätia pri najmenšej hrúbke dosky (160 mm) a pri najnižšej únosnosti podlažia. Zväčšujúcou sa hrúbkou dosky a únosnosťou podlažia napätia klesajú a pri najväčšej hrúbke dosky (320 mm) dosahujú až polovičné hodnoty. Najmenšie napätia v strede dosky vychádzajú pomocou programu Nexis a najväčšie sú s použitím Westergaardových vzorcov. Zaujímavé je, že najväčšie rozdiely v metóde výpočtu sú hlavne pri najmenšej hrúbke dosky (asi 30%), no pri najväčšej hrúbke dosky sú tieto rozdiely minimálne. Dokonca možno povedať, že sú takmer totožné. Pre napätia vypočítané na okraji dosky platia tie isté predpoklady ako pre napätia v strede dosky. Rozdiel je iba v porovnaní napätí pri najmenšej hrúbke dosky, kde napätia vypočítané pomocou Westergaardových vzorcov sú o viac ako 40% väčšie ako napätia vypočítané pomocou programu Nexis. Pomer hodnôt napätí vypočítaných v strede dosky a na okraji dosky je podľa programu Nexis 1,55 násobný a v prípade pomocou Westergaardových vzorcov až 2 násobný.

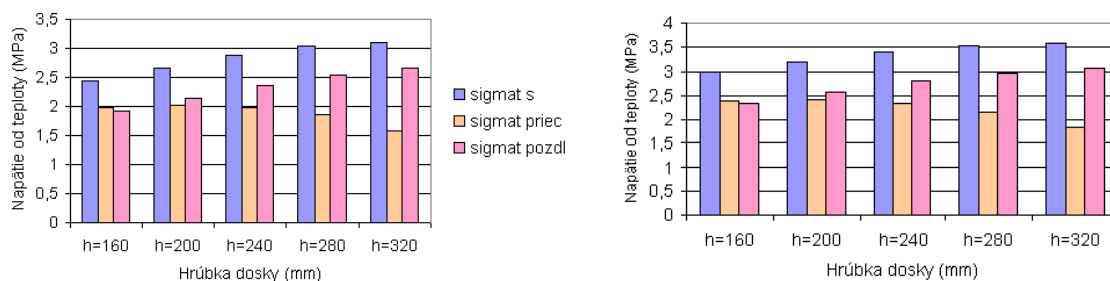
3.2 Výpočet napätí v cementobetónovej doske od účinkov teploty

Vzhľadom na veľký vplyv teploty na napätia v CB doskách, treba vo výpočtoch napätí uvažovať s kombináciou vplyvu zaťaženia a vplyvu teplotného režimu CB vozoviek. Napätia $\sigma_{T,max}$ od teplotného rozdielu ΔT (rozdiel teploty na hornom a spodnom povrchu dosky) možno vypočítať pomocou už spomínaných Westergaardových vzorcov alebo v súčasnej dobe používanou metódou konečných prvkov (MKP), napríklad programom Nexis.

Výpočet napätí pomocou upravených vzorcov Westergaarda

Priemernú teplotu dosiek uvažujeme ako ročný priemer denných teplôt vzduchu. Návrhové hodnoty teplotných rozdielov horného a spodného povrchu CB dosiek sa vypočítajú zo vzťahu k priemernej ročnej teplote vzduchu s uvážením hrúbky dosky [4].

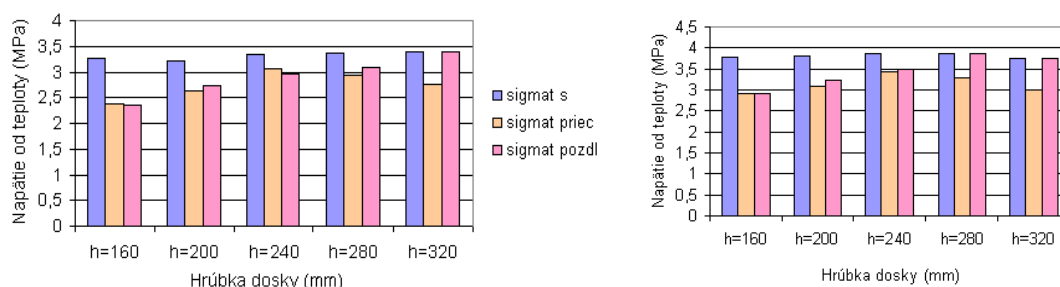
Napätia od teplotného rozdielu ΔT vypočítané pred stred dosky, priečnu hranu a pozdĺžnu hranu sú graficky znázornené na obrázku 9.



Obr. 9 Napätia na spodu CB dosky od účinku teploty T_1 (T_2) v závislosti od hrúbky dosky vypočítané pomocou Westergaardových vzorcov

Výpočet napätí od účinkov teploty pomocou programu Nexis

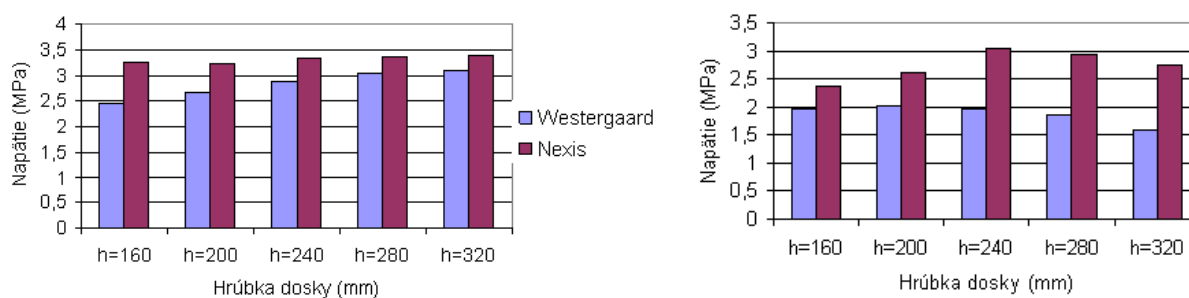
Napätia od kladného teplotného rozdielu ΔT , vypočítané pomocou metódy MKP (podľa výpočtového programu Nexis) sú graficky znázornené na obrázku 10.

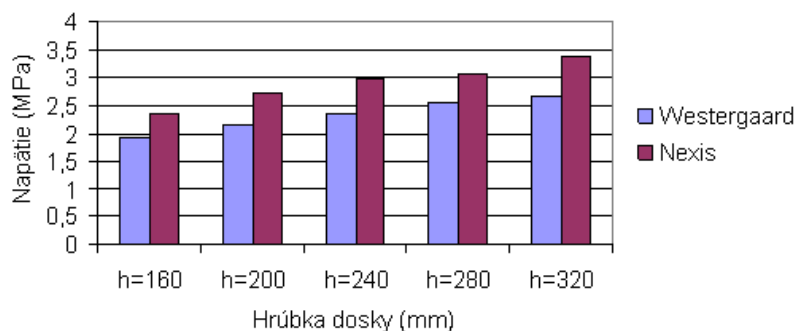


Obr. 10 Napätia na spodu CB dosky od účinku teploty T_1 (T_2) v závislosti od hrúbky dosky vypočítané pomocou programu Nexis

Porovnanie hodnôt napätí v CB doske od účinkov teploty podľa spôsobu výpočtu

Pre porovnanie hodnôt napätí od účinkov teploty, ktoré boli získané podľa už uvedených postupov boli spracované nasledujúce grafy (obr.11), kde možno vidieť jednotlivé závislosti.





Obr. 11 Porovnanie hodnôt napätí v ťahu pri ohybe od účinku teploty T_1 v strede dosky, na priečnej hrane a na pozdĺžnej hrane v závislosti od hrúbky dosky

Pre porovnanie hodnôt napätí v ťahu pri ohybe, ktoré sú vypočítané podľa už uvedených postupov, boli vykreslené jednotlivé výsledky. Vykreslené boli napätia pre stred a priečnu a pozdĺžnu hranu a taktiež pre dva teplotné stavy (T_1 a T_2), kde možno vidieť rozdiel v použitých postupoch výpočtu. Výsledky ukázali, že najväčšie napätia sú vypočítané pomocou programu Nexis. Zaujímavé z porovnania výsledkov je, že rozdiel v hodnotách napätí nie je vždy lineárny a účinok teploty (ΔT) má v každom posudzovanom bode odlišný priebeh.

Pre napätia v ťahu pri ohybe od účinkov teploty pre stred cementobetónovej dosky možno povedať, že hodnoty napätia v každom spôsobe výpočtu nám lineárne narastajú so zvyšujúcou sa hrúbkou dosky. Rozdiel je vo veľkosti týchto napätí, kde pri najmenšej hrúbke dosky je to asi 25%, no pri najväčšej hrúbke dosky je tento rozdiel minimálny (približne 5%).

Pri porovnávaní napätí na priečnej hrane je tento priebeh lineárny iba pri výpočte pomocou Westergaardových vzorcov, kde nám ale napätie s narastajúcou hrúbkou dosky klesá. Rozdiel napätí v tomto prípade je pri najväčšej a najmenšej hrúbke dosky asi 25%. Pri výpočte pomocou programu Nexis už priebeh nie je tak jednoznačný a napätie nám spočiatku s narastajúcou hrúbkou stúpa, no potom znova začne klesať, má teda parabolický priebeh.

Napätia v ťahu pri ohybe od účinku teploty na pozdĺžnej hrane majú lineárny priebeh v oboch prípadoch výpočtu a lineárne stúpajú s narastajúcou hrúbkou dosky. Rozdiel v tomto prípade je, že napätia pre každú hrúbku dosky majú rovnaký pomer a napätia vypočítané pomocou programu Nexis sú približne o 20 – 30 % väčšie ako napätia vypočítané pomocou Westergaardových vzorcov.

4 ZÁVER

Napriek veľmi dobrým vlastnostiam a technicko-ekonomickým parametrom vozoviek s cementobetónovým krytom sa ich stavba na cestách a diaľniciach v SR nedarí presadiť. Okrem iného aj preto, lebo hodnotenie stavu existujúcich cementobetónových vozoviek je negatívne. Veľkou chybou je, že pri posudzovaní ich prevádzkovej spôsobilosti sa aplikujú súčasné kritéria na bezpečnú, plynulú a hospodárnu jazdu motorových vozidiel. Ale tieto vozovky boli postavené starými technologickými postupmi a technicky dnes už prekonaným konštrukčným riešením.

Z teoretického riešenia čiastkových problémov navrhovania a výpočtov vozoviek s CB krytom a tiež výsledkov meraní na CB vozovkách je možné urobiť závery, ktoré majú vplyv na postup a zásady pri navrhovaní vozoviek. Táto problematika je riešená v rámci projektu CONPAVE so zameraním na napätostný stav cementobetónových vozoviek. Výsledky

projektu budú zapracované do návrhu na úpravu výpočtov vozoviek s cementobetónovým krytom podľa smernice TS0803 „Navrhovanie cementobetónových vozoviek na pozemných komunikáciách“ [1].

PodĎakovanie

Tento príspevok bol vypracovaný v rámci programu na podporu mladých výskumníkov CONPAVE 2012.

Použitá literatúra

1. TP 03/2009: *Navrhovanie netuhých a polotuhých vozoviek*, Ministerstvo dopravy, pôšt a telekomunikácií SR, 2008.
2. STN 73 6123. Stavba vozoviek. Cementobetónové kryty. Bratislava: SÚTN, 2010.
3. ZUZULOVÁ A. *Vozovky s cementobetónovým krytom*. Napätostný stav a spolupôsobenie dosiek. Dizertačná práca, Bratislava: SvF STU, 2007.
4. HODÁKOVÁ D. *Hodnotenie spoľahlivosti letiskových vozoviek*.. Písomná práca k dizertačnej skúške. Bratislava: SvF STU, 2012.

Kontaktní údaje

Ing. Andrea Zuzulová, PhD.

Katedra dopravných stavieb

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta

Radlinského 11, 813 68 Bratislava

Tel: +421 2 59 274 359

email: andrea.zuzulova@stuba.sk

Ing. Dominika Hodáková

Katedra dopravných stavieb

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta

Radlinského 11, 813 68 Bratislava

Tel: +421 2 59 274 214

email: dominika.hodakova@stuba.sk

VARIABILITA INTENZITY VÝMENY VZDUCHU A JEJ VPLYV NA VLHKOSTNÝ REŽIM

AIR EXCHANGE RATE VARIABILITY AND ITS IMPACT ON MOISTURE REGIME

Iveta Bullová

Abstrakt

Neustále stúpajúci trend zvyšovania úspory tepla a energií vedie k navrhovaniu transparentných výplní konštrukcií s vyššími kvalitatívnymi parametrami. Výsledkom je v mnohých prípadoch poddimenzovanie intenzity výmeny vzduchu, spôsobujúcej zmeny vlhkostných pomerov, a to až pod hranicu hygienických požiadaviek s následným vznikom nežiaducich hygienických defektov a tvorbou plesní. Z vonkajších klimatických faktorov má na filtráciu vzduchu najväčší vplyv celkový tlakový rozdiel vzduchu Δp_c . Príspevok je zameraný na problematiku nestacionárnych procesov spôsobujúcich veľkú variabilitu intenzity výmeny vzduchu a relatívnej vlhkosti vzduchu, s dôrazom na spresnenie aerodynamických koeficientov používaných v simulačných metódach.

Kľúčová slova: *intenzita výmeny vzduchu, relatívna vlhkosť vzduchu, aerodynamický koeficient*

Abstract

Constantly increasing trend of heat and energy savings leads to the design of transparent structures filled with high quality parameters. In many cases as a result, the air exchange rate undersized, causing changes in moisture conditions, up to the limit of hygiene requirements with subsequent adverse health defects and mold formation. Air filtration is most influenced by the total air pressure difference Δp_c . The presented paper is devoted to the problem of non-stationary processes, causing a large variability of the air exchange rate, with an emphasis on accurate aerodynamic coefficients used in the simulation methods.

Key words: *air exchange rate, aerodynamic quantification, relative air humidity*

1 INTRODUCTION

One of the key tasks in the process of building construction design is to create optimal environment which provides protection from negative climate externalities and creates suitable microclimate of the internal spaces. Interior microclimate is influenced by chemical and microbiological air quality (the degree of concentration of CO₂ and other pollutants, dust and ionization) and by physical quality - expressed measurable values : pressure, temperature, humidity, air velocity and thermal radiation surfaces.

Within the process of building exploitation the air in indoor gets worn, that is why the air exchange has to be maintained with regard to hygiene of spaces with people stay. In accordance with STN 73 4301 – Residential buildings - the minimum ventilation is 0,5 times

exchange of the room air per hour. At the same time, the exchange of at least 15 m³ of fresh air per one person is required.

The value of air exchange as set by the norm $n_N \geq 0,5$ 1/h does not correspond with real values of air exchange. More accurate analysis can be done with the use of simulation method which tolerate the dynamics of buildings under various external climate influences in short time intervals.

2 AIR EXCHANGE RATE

Air exchange rate - n - represents the amount of filtered air through leakage openings structures (joints, connections, ...) with natural ventilation, due to the action of the total differential pressure of air. It can be expressed:

$$n = 3600 \cdot V_{\text{inf}} / V_m = 3600 \cdot [\sum(i_{v,l} \cdot l) \cdot \Delta p_c^m] / V_m \quad (1/h) \quad (1)$$

V_{inf} – amount of infiltrated air in the room with natural airflow, m³

V_m - room volume, m³

$i_{l,v}$ - gap permeability coefficient, m³/(m.s.Pa^{0,67})

l - length of the gap, m

Δp_c - total air pressure difference, Pa

2.1 Quantification of the aerodynamic coefficients

The basic physical parameter of natural air ventilation is the total air pressure difference Δp_c as the result of wind influence Δp_v and difference of external and internal environment temperatures Δp_θ . Since the wind is the most variable parameter of the external environment, the determination of pressure difference caused by the wind Δp_v is quite difficult.

To quantify the pressure difference caused by air Δp_v we need to know:

Climate parameters (wind speed, air density) – obtained by measuring hydro-meteorological stations at hourly intervals and processed in the test reference years

Geometric parameters - it is a plan and height dimensions of the building and the ground shape

Aerodynamic parameters - coefficients of external and internal pressure of building - C_{pe} and C_{pi} - account the fact that wind impact always depends on pressure difference between the two surfaces (the exterior and interior).

Coating constructions show a certain degree of the air permeability, which causes the interaction changes of external and internal pressure and this fact, when determining Δp_v , leads to the need of considering the overall aerodynamic coefficient $C_p = C_{pe} - C_{pi}$.

The value of external aerodynamic coefficient C_{pe} (-) defines the airflow around the building. It primarily depends on the geometric shape of the building, characterized by a spatial and ground-plan geometry and the wind direction. The aerodynamic coefficients' values are obtained by measuring in aerodynamic tunnels on the so-called "rigid model", which is similar to a real building only by a shape. The value of aerodynamic coefficient of internal pressure C_{pi} is based on the assumption of the same volume of infiltrated and filtrated out air in the building and on the theory of air permeability of the external walls.

To determine a value of the internal aerodynamic coefficient C_{pi} is difficult and so, it is possible to determine C_{pi} values on some simplified buildings - buildings without internal

panel walls, with openings located in external walls, with airtight permeability structures of the ceilings and roofs. Based on these assumptions, it is possible to quantify the internal aerodynamic coefficient C_{pi} .

Internal aerodynamic coefficient C_{pi} (-) for the analyzed reference building can be determined from the graphical $C_{pi} = f(S_{(+)} / S_{(-)})$ dependence for selected types of buildings [1].

$S_{(+)}$ – real surface of the openings on the windward of a building (m^2)

$S_{(-)}$ – real surface of the openings on the leeward sides and lateral sides of a building (m^2)

When determining the values of aerodynamic coefficients $C_{pi} = f(S_{(+)} / S_{(-)})$, the following were considered:

- a simplified, middle building – rectangular shape, the plate type building with spatial proportionality: $0,5 \leq h/b \leq 1,5$ and with surface area proportionality: $1,5 \leq l/b \leq 4,0$, the geometry is of the round plan $l/b \approx 3$,
- ratio of holes on each sides equal to 3:1

2.1. Quantification of the air exchange rate in the reference room

In the exact calculations of air exchange rate – presented graphically – figure 1, the following were considered:

- critical day of reference year – 3rd January – tab.1,
- different wind direction (360° and 90°),
- indoor (internal) air temperature $\theta_{ai} = +20^\circ C$,
- reference room with a volume of $V = 60 m^3$, window with the length of joints $l = 12,2 m$ and value in gap permeability coefficient $i_{v,l} = 0,4 \cdot 10^{-4} m^3 / (m \cdot s \cdot Pa^{0,67})$.

Tab. 1 - The values of the temperature and wind speed– 3rd January

Hour	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
θ_{ae}	-9,3	-9,3	-9,3	-9,1	-8,8	-9,1	-9	-9,1	-9	-8,8	-9,6	-8,8
v (m/s)	8	8,6	9,1	11,6	13,6	13	14,4	14,1	14,1	12,4	15,2	15,5
Hour	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
θ_{ae}	-9	-8,8	-9,1	-9,3	-9,3	-9,3	-9,1	-8,8	-8,8	-8,8	-9	-8,8
v (m/s)	14,7	13	12,2	10,5	9,7	10,5	8,8	7,7	6,6	5,8	4,9	5,5

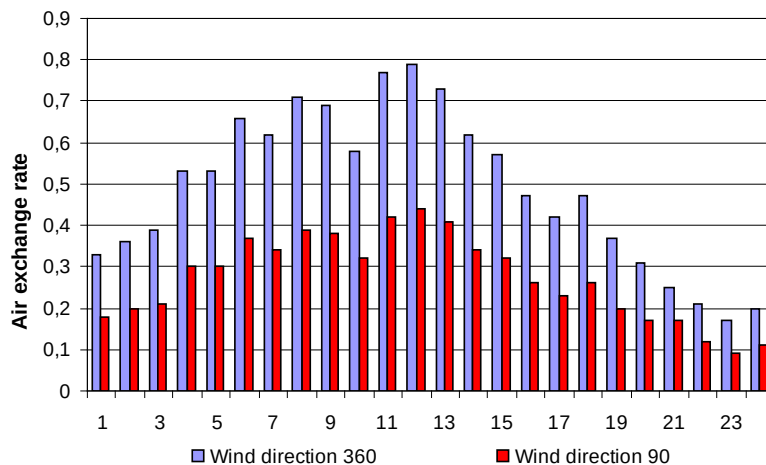


Figure 1: Variability of the air change rate, depending on the changing wind directions- 3rd January

3 INTERACTION OF AIR EXCHANGE RATE AND RELATIVE AIR HUMIDITY

Besides the fact that by sufficient air ventilation the internal spaces get rid of various pollutants, the other parameters influencing the quality of internal environment seem to be important - temperature and relative air humidity. Relative air humidity, which is influenced by the amount of water vapor production is largely dependent on the intensity of physical activity in man. Recalculated produces one person daily 1000 - 2000 g/h of water vapor.

The result of high relative humidity is the condensation of vapor, which can cause very unpleasant health problems. Condensation of water vapor is undesirable phenomena with negative consequences for hygiene indoor environment (subsequent formation of mold) and in low, respectively of improper ventilation of the indoor can cause very unpleasant health problems. Increased relative humidity is obvious from the dew on absorption free constructions (glass, curtains...) which cannot absorb excessive humidity – the warning signal. Window condensation is surface water vapor condensation, that occurs when the surface temperature of the glazing is less than the dew point temperature. From the above mentioned facts, the values of relative humidity of air in the residential spaces are recommended to be from 35 to 60 %, in the living spaces the pleasant relative air humidity is 40% – 50%.

The relative air humidity can be determined from the partial pressure of water vapor in the indoor air, for which holds:

$$p_{di} = p_{de} + 462 \cdot G \cdot T_i / n \cdot V_m \quad (\%) \quad (2)$$

p_{di} , p_{de} - partial pressure of vapor in the internal /external air, pa

462 - gas constant for water vapor, $\text{Pa} \cdot \text{m}^3 / (\text{K} \cdot \text{kg})$

T_i - temperature, K

G - water vapor produced, g/h

Analysis of changes in relative air humidity indicated graphically in figure 2 were processed for critical day – 3rd January. Based on the precision of the aerodynamic coefficients` quantification – for the wind direction 360⁰ the values of the variable air exchange rate for the reference room with volume $V = 60 \text{ m}^3$, $i_v = 0,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 / (\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}^{0,67})$ were processed –fig. 1. A room with a volume of 60 m^3 , $\theta_{ai} = +20^\circ\text{C}$, the moisture load $G = 100$ and 200 g/h .

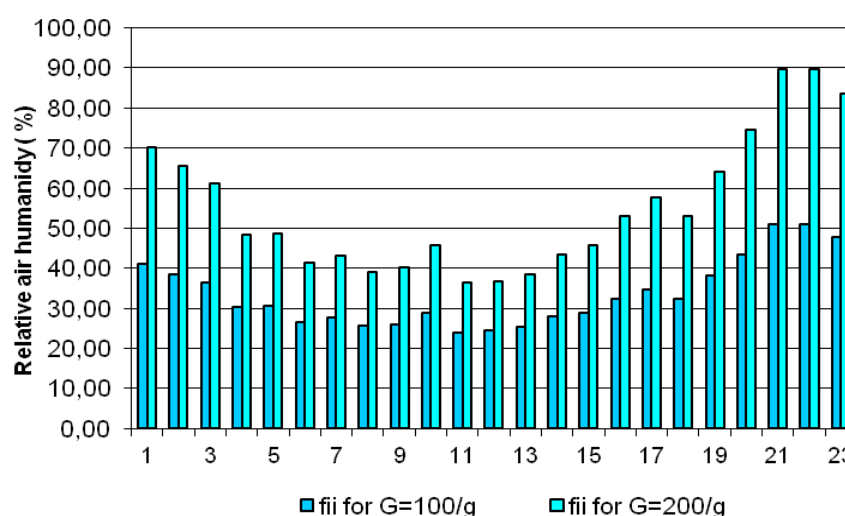


Figure 2 - Comparison of relative humidity for various values of the air exchange rate and for various humidity load $G = 100$ a 200 g/h

Analysis of changes in relative air humidity indicated graphically in figure 3 were processed for the wind direction 360^0 , the values of the air exchange rate $n_1=0,39$, $n_2=0,46$ and $n_3=0,62$ 1/h, for the reference room with volume $V= 60\text{m}^3$, $i_{v,l}=0,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/(\text{m.s.Pa}^{0,67})$, the moisture load $G=100, 200$ and 300 g/h .

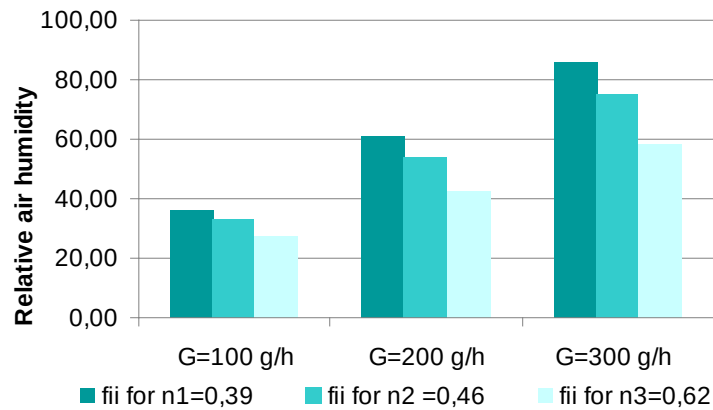


Figure 3 - Comparison of relative humidity for various values of the air exchange rate and for various humidity load $G=100, 200$ and 300 g/h

As presented in the graphs – figure 2, with opening constructions with low values of air permeability coefficient $i_{v,l} \leq 0,4$, when the humidity load is $G = 0,2 \text{ kg/h}$, the values of relative humidity are much higher than 50%. This involves the coldest day, with relatively high wind speeds. On low speed the air exchange rate and lower relative humidity rises. In Figure 3 show, that the small coefficient of air permeability $i_{v,l} \leq 0,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/(\text{m.s.Pa}^{0,67})$ is already at the humidity load $G = 200$ and 300 g/h the values of relative humidity are much higher than 50%.

Since these humidity values cause hygiene problems within the room, a suitable regime of windows use needs to be chosen. The cheapest and simplest solution is ensuring sufficient air exchange by natural ventilation which can be achieved by immediate ventilation – very effective is the one with wide open window and lasting for 10 to 15 minutes, several times a day, then the ventilation by the release of window fitting, by perforated sealing profile, ventilation by lits, resp. ventilation grids, ventilation by self regulating strips and slits. The other possibility is the ventilation device with heat recovery which provide continuous ventilation of interior with minimum heat loss.

4 CONCLUSION

The presented results suggest that building assessment from the point of view of air exchange by process of ventilation leads to significant diversion from the value defined by a norm for air exchange rate value $n = 0,5$ 1/h, which implies a disagreement between the energy criteria and hygiene requirements. The insufficiency of air exchange significantly contributes to worsening of thermal and humidity microclimate resulting in serious sanitary defects occurrence.

The exact results of the air change rate and relative air humidity show, that acceptance of the air permeability of the coating structures affecting the pressure conditions in the interior, plays an important role.

Out of the involved factors in the interaction of the pressure changes inside the building, particularly the layout and location of the openings arise with considering the direction of the wind acting, as well as, their size and the proportions on each side. Knowledge of this issue can be used to eliminate the adverse wind impacts in the early stages of a design.

The above results suggest that each approach to reality provides the precision of the quantified results.

Použitá literatura

1. BIELEK M., BIELEK B.,: *Interakcia budova – vietor v teórii energetickej potreby budov*, In: 6.vedecká konferencia Budova a energia 2005, Podbanské 12.-14.10.2005, str. 64 – 69,
2. BULLOVÁ, I. *Fyzikálna interakcia budova – vietor a jej aerodynamická kvantifikácia* In: Budownictwo o zoptymalizowanym potencjale energetycznym, Czenstochowa, 2007, Poľsko, str. 17-22, ISBN 978–83–7193-357-8.
3. STN 73 0540 1 - 4

Kontaktní údaje

Ing. Iveta Bullová, PhD.

Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta

Vysokoškolská 4, 040 01 Košice

Tel: 055 602 4286

email: iveta.bullova@tuke.sk

VPLYV PODLOŽIA NA DEFORMÁCIE VÝŠKOVEJ BUDOVY

EFFECTS OF THE BUILDING FOUNDATION ON DEFORMATION OF HIGH-RISE BUILDING

Ol'ga Ivánková, Janka Kováčiková

Abstrakt

V tomto príspevku bola opísaná staticko- dynamická analýza výškovej budovy a vplyv podlažia na jej deformácie, jej vlastnú frekvenciu, na prenos a odolnosť voči seizmickým účinkom. Na porovnanie a posúdenie výsledkov staticko –dynamickej analýzy boli použité dva 3D modeli, ktoré boli vypracované v programe Scia Engineer.

Kľúčová slova: deformácia, frekvencia, základy

Abstract

In this paper there is a description of static and dynamic analysis of a high-rise building considering the effects of the building foundation, on its deformation, on its natural frequency, on transmission and resistance to seismic effects. Two different 3D models were used for comparison and assessment of results of static and dynamic analysis. Models were prepared in the program Scia Engineer.

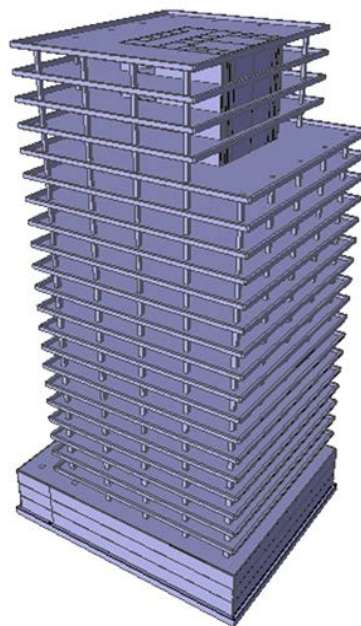
Key words: deformation, frequency, foundation

1 ÚVOD

V minulosti bolo možné získať informácie o správaní sa konštrukcií pod vplyvom statického a dynamického zaťaženia výškových budov len za pomoci náhradných modelov konštrukcií ako napr.: konzoly, rovinné rámy,.. V súčasnej dobe existuje už celá rada postupov pri samotnom návrhu, ako aj analýze a posudzovaní stavebných konštrukcií.

Vývoj analytických metód stavebných konštrukcií výrazne ovplyvnil rozvoj výpočtovej techniky, čo umožnilo projektantom prekonať veľkú radu neriešiteľných problémov.

V súčasnej dobe výpočtová technika umožňuje tvorbu 3D modelov, ktoré sa čoraz viac približujú skutočnej konštrukcii, jej zaťaženiu, konštrukčnému riešeniu, materiálu, podlažiu. Pre projektantov je stále aktuálna tiež otázka vplyvu základových pomerov na správanie sa konštrukcie pod vplyvom zaťaženia od vetra, resp. od seizmických účinkov, ktorej sa v tomto príspevku venujeme.



Obr. 1 Axonometria

2 MODEL KONŠTRUKCIE

Jednalo sa o výškovú administratívnu budovu navrhnutú ako monolitickú skeletovú konštrukciu so stužujúcim jadrom a stĺpmi po obvodě. Stĺpy boli po výške rozdelené do troch rozmerových skupín. Budova mala navrhnuté tri podzemné podlažia a dvadsaťjeden nadzemných podlaží. Celková výška objektu bola 75,6 m ,maximálny pôdorysný rozmer 45,5m x 37,7 m.

Objekt bol založený na základovej doske hrúbky 1200mm. V mieste stužujúceho jadra bola kvôli zosilneniu hrúbka navrhnutá hrúbka 1700 mm.

Konštrukčná výška suterénnych podlaží bola 3300mm. Konštrukčná výška prvého nadzemného podlažia bola 4000 mm a ostatných podlaží 3600 mm.

V mieste stužujúcich jadri boli použité železobetónové steny hrúbky 300mm, 250mm, 200mm a 150mm. Do 6.NP boli navrhnuté stĺpy štvorcového tvaru rozmeru 900 mm, od 7.NP do 15.NP rozmeru 700 mm a od 16.NP po 21.NP rozmeru 550mm.

Schodiskové dosky boli hrúbky 270 mm. Po okraji stropnej bezprievlakovej dosky v nadzemnej časti hrúbky 270 mm je navrhnutý okrajový nosník rozmerov 650mm x 450mm. Stropná doska v suteréne je navrhnutá hrúbky 300 mm.

3 CHARAKTERISTIKA VÝPOČTOVÝCH MODELOV

Pre statickú analýzu konštrukčného modelu bolo použité zaťaženie s najnepriaznivejšou kombináciou stáleho, občasného zaťaženia a zaťaženie od vetra, pre dynamickú analýzu najnepriaznivejšia kombinácia vlastnou hmotou, hmotou občasného zaťaženia a seizmickým zaťažením podľa príslušných Eurokódov.

Podľa STN EN 1991-1-4 pri zaťažení vetrom bola uvažovaná hodnota základnou rýchlosťou vetra 26m/s, budova preto bola umiestnená v kategórii terénu IV.

Podľa STN EN 1998-1 navrhovaná budova patrí do II. kategórie významnosti a je založená na podlaží typu B v seizmickej oblasti číslo 4 s návrhovým zrýchlením $a_g = 3 \text{ m/s}^2$.

Boli uvažované dve alternatívy uloženia konštrukcie do podlažia, a to. prvá alternatíva bolo votknutie a druhá alternatíva bola pružné Winklerovo podlažie. Koeficient ložnosti pri statickom zaťažení pre Alt.2 bol určený zo vzťahu :

$$k = \frac{p}{s} \left[\frac{MN}{m^3} \right] \quad (1)$$

kde je p -kontaktné napätie v základovej škále [kN/m²], s -sadnutie základovej dosky [m].

V smere osi z mal hodnotu $k_z = 8,434 \text{ MN/m}^3$ a pre smer x a y bola uvažovaná polovičná hodnota koeficientu ložnosti v smere osi z , čiže $k_x = k_y = 4,242 \text{ MN/m}^3$. Pri dynamickom zaťažení bol uvažovaný koeficient ložnosti podľa vzťahu:

$$k_z = \frac{E_{dyn}}{(1-\nu^2)} \left[\frac{MN}{m^3} \right] \quad (2)$$

kde je E_{dyn} - modul pružnosti pri dynamickom zaťažení [MPa], ν - Poissonova konštanta[-].

Potom koeficient ložnosti mal hodnotu $k_z = 21,347 \text{ MN/m}^3$ a pri uvážení polovičnej hodnoty koeficienty ložnosti pre smer x a y boli $k_x = k_y = 10,178 \text{ MN/m}^3$. Zvýšením koeficientu ložnosti pri dynamickom zaťažení sa zohľadňuje určité spevnenie pôdy pri dynamickom pôsobení.

4 ANALÝZA VÝSLEDKOV RIEŠENIA

4.1 Statická analýza

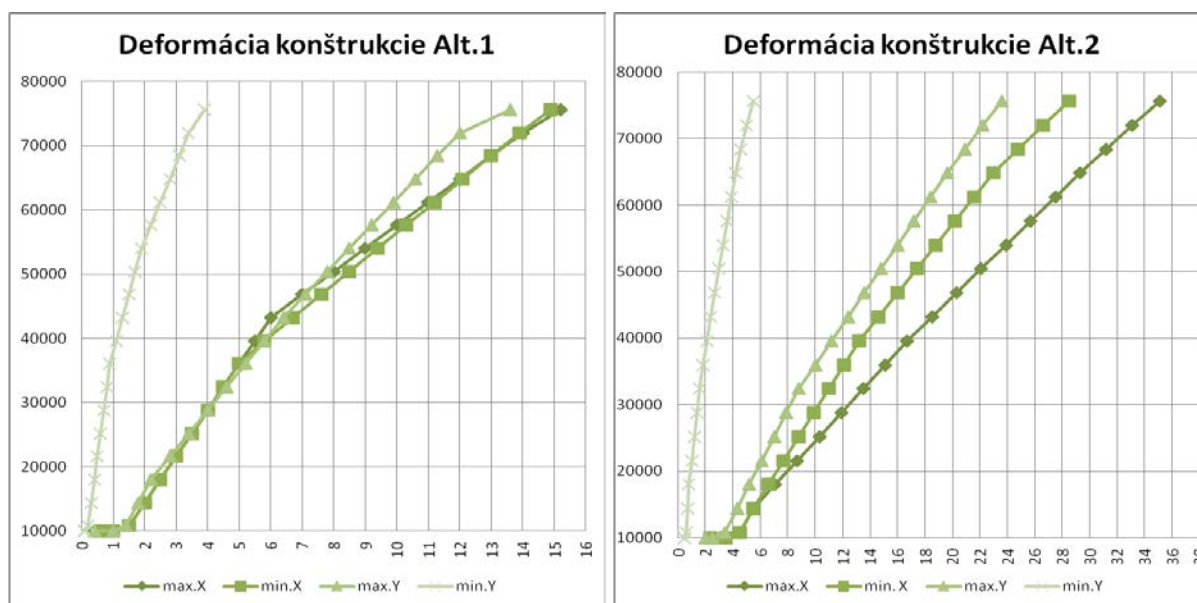
Pri statickej analýze s použitím najnepriaznivejšej kombinácie statického zaťaženia boli porovnávané hodnoty maximálnych premiestnení pre jednotlivé smery deformácie konštrukcie. Výsledky maximálnych deformácií sú uvedené v tab.4.1.1-4.1.3 a graf. 4.1.1-4.1.2.

Zaťaženie	Smer pôsobenia zaťaženia	Tuhosť podložia [MN/m ³]	Maximálne hodnoty deformácií [mm]
vietor	max. X	∞	15,2
	min. X		19,9
	max. Y		13,6
	min. Y		3,9

Tab. 4.1.1 Maximálne hodnoty deformácií pri statickom zaťažení pre Alt.1

Zaťaženie	Smer pôsobenia zaťaženia	Tuhosť podložia [MN/m ³]	Maximálne hodnoty deformácií [mm]
vietor	max. X	8,48	35,1
	min. X		28,5
	max. Y		23,6
	min. Y		5,5

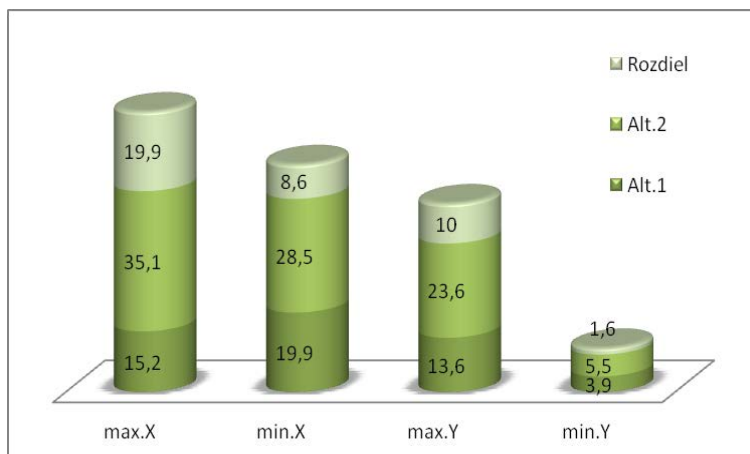
Tab. 4.1.2 Maximálne hodnoty deformácií pri statickom zaťažení pre Alt. 2



Graf. 4.3.1 Maximálne hodnoty deformácií pri statickom zaťažení pre Alt.1 a Alt.2

Zat'aženie	Smer pôsobenia zat'aženia	Tuhosť podložia [MN/m ³]		Maximálne hodnoty deformácií [mm]		Nárast deformácií [mm]
		Alt. 1	Alt. 2	Alt. 1	Alt. 2	
vietor	max. X	∞	8,48	15,2	35,1	19,9
	min. X			19,9	28,5	8,6
	max. Y			13,6	23,6	10,0
	min. Y			3,9	5,5	1,6

Tab. 4.1.4 Maximálne hodnoty deformácií pri statickom zaťažení pre alt. 1 a 2 (nárast deformácií)



Graf. 4.5.2 Porovnanie nárastu deformácií pri statickom zaťažení pre Alt.1 a Alt.2

4.2 Dynamická analýza

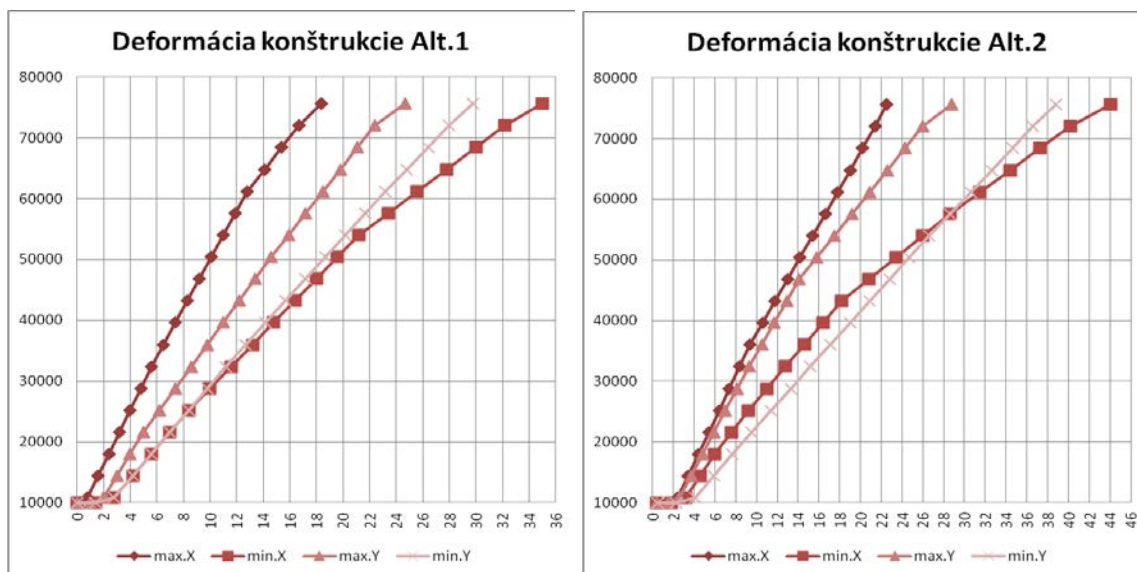
Pri kombinácii statického a dynamického zaťaženia použitej v dynamickej analýze boli taktiež porovnávané hodnoty maximálnych posunov pre jednotlivé smery. Boli porovnávané dve alternatívy, a to konštrukcia votknutá do podložia (alt.1) a konštrukcia na pružnom podloží (alt.2). Pre pružné podložie je v tomto prípade použitý dynamický koeficient ložnosti s hodnotou $k_z=21,347 \text{ MN/m}^3$ a $k_x = k_y=10,178 \text{ MN/m}^3$. Výsledky sú zhrnuté v tab. 4.2.1-4.2.3 a graf.4.2.1 a 4.2.2.

Zat'aženie	Smer pôsobenia zat'aženia	Tuhosť podložia [MN/m ³]	Maximálne hodnoty deformácií [mm]
seizmicita	max. X	∞	18,40
	min. X		35,00
	max. Y		24,70
	min. Y		29,80

Tab. 4.2.1 Maximálne hodnoty deformácií pri statickom zaťažení pre Alt.1

Zat'aženie	Smer pôsobenia zat'aženia	Tuhosť podložia [MN/m ³]	Maximálne hodnoty deformácií [mm]
seizmicita	max. X	$k_z=21,437$; $k_y = k_x = 10,718$	22,5
	min. X		44,1
	max. Y		28,8
	min. Y		38,8

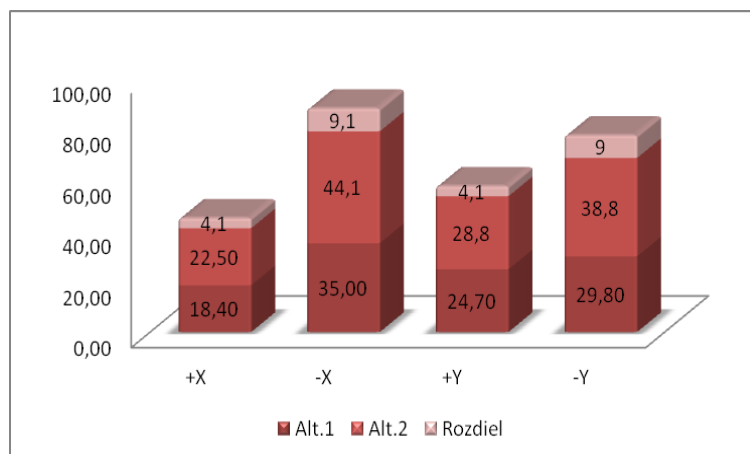
Tab. 4.2.2 Maximálne hodnoty deformácií pri statickom zaťažení pre Alt. 2



Graf. 4.2.1 Maximálne hodnoty deformácií pri statickom zaťažení pre Alt.1 a Alt.2

Zaťaženie	Smer pôsobenia zaťaženia	Tuhosť podložia [MN/m ³]		Maximálne hodnoty deformácií [mm]		Nárast deformácií [mm]
		Alt. 1	Alt. 2	Alt. 1	Alt. 2	
seizmicita	max. X	∞	$k_z=21,437;$ $k_y = k_x = 10,718$	18,40	22,5	15,9
	min. X			35,00	44,1	11,1
	max. Y			24,70	28,8	20,9
	min. Y			29,80	38,8	25,8

Tab. 4.2.3 Maximálne hodnoty deformácií pri statickom zaťažení pre alt. 1 a 2 (nárast deformácií)



Graf. 4.2.2 Porovnanie nárastu deformácií pri statickom zaťažení pre Alt.1 a Alt.2

4.3 Modálna analýza

Vo výpočte modálnej analýzy bolo vypočítaných prvých 30 vlastných tvarov vo frekvenčnom rozsahu od 0 Hz do 33 Hz. Modálna analýza bola aplikovaná na prípad dvoch alternatív. Pre približný výpočet bolo použité votknutie konštrukcie (Alt.1) a pružné podložie (Alt.2), ktoré malo za účel priblížiť vplyv interakcie konštrukcie a podložia na vlastné frekvencie. Výsledky sú zahrnuté v tab.4.3.1 a 4.3.2.

n	f [Hz]	n	f [Hz]	n	f [Hz]	n	f [Hz]	n	f [Hz]
1	0,69	7	3,6288	13	4,3797	19	6,0206	25	6,7793
2	0,70	8	3,7216	14	4,5097	20	6,3184	26	7,0155
3	1,2532	9	3,8959	15	4,9421	21	6,4273	27	7,0405
4	2,4703	10	3,9774	16	5,2804	22	6,4794	28	7,1228
5	2,9237	11	4,0376	17	5,7257	23	6,6316	29	7,1367
6	3,0652	12	4,1715	18	5,9053	24	6,7678	30	7,1855

Tab. 4.3.1 Vlastné frekvencie pre alt.1- votknutie

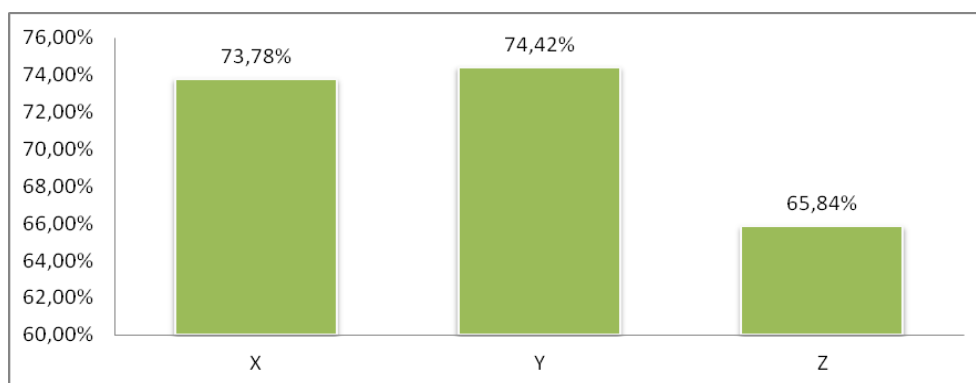
n	f [Hz]	n	f [Hz]	n	f [Hz]	n	f [Hz]	n	f [Hz]
1	0,5393	7	3,1596	13	4,348	19	5,8163	25	6,768
2	0,544	8	3,5805	14	4,375	20	5,981	26	6,8391
3	1,234	9	3,6558	15	4,9656	21	6,3247	27	6,9419
4	2,3888	10	3,7842	16	5,2182	22	6,34	28	7,0343
5	2,7101	11	3,9	17	5,6596	23	6,5574	29	7,0674
6	2,8212	12	4,1682	18	5,7697	24	6,7418	30	7,1199

Tab. 4.3.2 Vlastné frekvencie pre alt.2 – pružné podložie

Zaujímavým poznatkom je tiež aj zhodnotenie podielov kmitajúcej hmoty, ktoré prislúchajú najnepriaznivejším vlastných frekvencií konštrukcie pre jednotlivé smery kmitania. Tieto sú zoradené v tab. 4.3.3, 4.3.4.

n	ω [rad/s]	T [s]	f [Hz]	W_{xi}/W_{xtot} [%]	W_{yi}/W_{ytot} [%]	W_{zi}/W_{ztot} [%]
1	4,31	1,46	0,69	50,52%	2,80%	0,01%
2	4,37	1,44	0,70	2,83%	49,98%	0,00%
22	40,712	0,1543	6,4794	0,06%	0,00%	20,45%

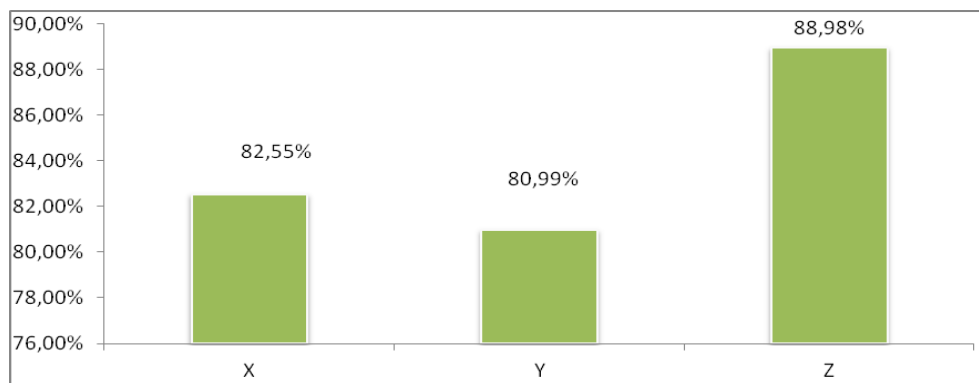
Tab. 4.3.3 Najnepriaznivejšie frekvencie -alt. 1 (votknutie) a im prislúchajúce podiely kmitajúcej hmoty



Graf 4.3.1 Celkový percentuálny podiel kmitajúcej hmoty pre smery X, Y, Z (30 vlastných tvarov); Alt. 1

n	ω [rad/s]	T [s]	f [Hz]	W_{xi}/W_{xtot} [%]	W_{yi}/W_{ytot} [%]	W_{zi}/W_{ztot} [%]
1	3,3884	1,8543	0,5393	0,03%	54,80%	0,00%
2	3,4181	1,8382	0,544	54,66%	0,02%	0,01%
7	19,8523	0,3165	3,1596	0,01%	0,10%	63,24%

Tab. 4.3.4 Najnepriaznivejšie frekvencie -alt. 2 (pružné podložie) a im prislúchajúce podiely kmitajúcej hmoty



Graf 4.3.1 Celkový percentuálny podiel kmitajúcej hmoty pre smery X, Y, Z (30 vlastných tvarov); Alt. 2

5 ZÁVER

Budova dokonale votknutá do tuhého podložia (Alt.1) vyhovela požiadavkám normy na limitné hodnoty medzipodlažných posunov a aj na limitnú hodnotu celkového posunu. Na tieto posúdenie takisto vyhovela aj konštrukcia namodelovaná na pružnom type podložia (Alt.2). Pri dynamickom zaťažení konštrukcie vyhoveli obe alternatívy na požiadavky normy.

Zo zaťaženia od vetra a od seizmicity nepriaznivejšie vyšlo zaťaženie od seizmických účinkov. Z posudzovaných alternatív to bola alternatíva 2, čiže alternatíva na namodelovanom pružnom Winklerovom modeli podložia. Najnepriaznivejšie zaťaženie pôsobí na konštrukciu v smere X.

PodĎakovanie

Projekt bol realizovaný za finančnej podpory zo štátnych prostriedkov prostredníctvom Grantovej agentúry SR. Registračné čísla projektu: 1/1186/12

Použitá literatúra

1. Manuál SCIA ENGINEER
2. Kala, J., Salajka, V.: Počítačová simulace postupu výstavby visuté mostní konstrukce. In: New Trends in Statics and Dynamics of Buildings, Október, 2007, Bratislava, SvF STU Bratislava, str. 321–324.
3. Ivánková, O., Javorek, T.: Static and dynamic Analysis of the highrise Building - Comparison of computing Results obtained using various software Systems. International Conference VSU'2005, SOFIA 2005, p. 108-111.
4. Melcer, J.: Dynamické charakteristiky diaľničného mosta pre horizontálny smer zaťaženia. Konferencija naukoivo – techniczna. Aktualne problemy naukoivo – badawcze budownictwa. Poland, Olsztyn – Lańsk, 2002, SPWE, Olsztyn, 2002, p. 481 - 488.

5. Melcer, J. – Kuchárová, D.: Static and dynamic behaviour of the rail concrete slabs. Building Research Journal, Vol.50, No.2, 2002, p. 99 - 111.
6. Melcer, J. – Kuchárová, D.: Static and dynamic behaviour of the rail concrete slabs. Building Research Journal, Vol.50, No.2, 2002, p. 99 - 111.
7. Jendželovský, N. – Modelovanie základových konštrukcií v MKP. Bratislava : STU v Bratislave, 2009. s. 15, 78-79.

Kontaktné údaje

Doc. Ing. Oľga Ivánková, PhD
STU Bratislava, Stavebná fakulta
Radlinského 11, 813 68 Bratislava
Tel: 02/59274260
email: olga.ivankova@stuba.sk

Ing. Janka Kováčiková
STU Bratislava, Stavebná fakulta
Radlinského 11, 813 68 Bratislava
Tel: 02/59274256
email: janka.kovacikova@stuba.sk

PROBLEMATIKA NÍZKOFREKVENČNÍHO HLUKU U STROPNÍCH KONSTRUKCÍ

CEILING CONSTRUCTION LOW-FREQUENCY NOISE ISSUES

Petra Berková, Pavel Berka

Abstrakt

Spektrální analýzou zdroje hluku - pohybu osob po stropní konstrukci bylo zjištěno, že se jedná o zdroj hluku s výraznými tónovými složkami v oblasti nízkých kmitočtů (31,5 - 40) Hz, tedy mimo oblast hodnocení kročejové neprůzvučnosti stropní konstrukce dle ČSN 73 0532/2010 [2], ČSN EN ISO 717-2/98 [3].

Klíčová slova: *kročejová neprůzvučnost, nízkofrekvenční hluk, plovoucí podlaha*

Abstract

Through the use of a spectral analysis of the source of noise – person's movement over the ceiling construction – it was found out that in this kind of noise distinctive low-frequency tone components occur (31,5 - 40 Hz) which is beyond the evaluation area of the impact sound insulation of the ceiling construction, s. ČSN 73 0532/2010 [2], ČSN EN ISO 717-2/98 [3].

Key words: *impact sound insulation, low-frequency noise, floating screed*

1 ÚVOD

Stavební konstrukce dnes musí splňovat současně velké množství požadavků (tepelně technických, akustických, statických, atd.), které jsou často protichůdné. Trendem současné doby je vylehčování konstrukcí využíváním stavebních prvků s nižší objemovou hmotností a zavádění moderních technologických postupů. Ve stavební akustice v ČR je tradičně využíván pro hodnocení zvukoizolačních vlastností konstrukcí frekvenční rozsah od 100 Hz do 3150 Hz. Nicméně trend využívání nových stavebních materiálů a technologických postupů přináší nárůst problémů v oblasti nižších kmitočtů. Tak vzniká potřeba hodnotit konstrukci i v závislosti na charakteristickém spektru zvuku. Tato problematika je v současné době řešena prostřednictvím faktoru přizpůsobení spektru C_1 a doporučením posuzovat konstrukci v rozšířeném kmitočtovém rozsahu (50 – 5000) Hz.

2 MĚŘENÍ KROČEJOVÉ NEPRŮZVUČNOSTI

Na základě rozhovorů s uživateli bytů při měřeních byla zjištěna podstatná skutečnost, týkající se převážně podlahových konstrukcí s nášlapnou vrstvou, tvořenou laminem. Přestože tyto konstrukce vyhovují z hlediska kročejové neprůzvučnosti, obyvatelé si opakovaně stěžují na špatnou akustickou pohodu především v oblasti vnímání zvuků na nižších kmitočtech. Pravděpodobnou příčinou je výrazný útlum podlahových konstrukcí v oblasti středních a vyšších kmitočtů, tj. od 400 Hz do 3150 Hz. Zvuky nižších frekvencí v těchto případech nejsou maskovány zvuky v běžných kmitočtových pásmech a jsou subjektivně vnímány citlivějšími uživateli.

Zvukoizolační schopnosti stavebních konstrukcí jsou v oblasti nízkých frekvencí velmi nízké. Akustické signály na těchto frekvencích procházejí stavebními konstrukcemi s velmi malým útlumem jsou konstrukcí „filtrovány“ tak, že vysoké frekvence jsou utlumovány a nízké frekvence procházejí. Délka zvukové vlny v nízkofrekvenční oblasti je řádově v metrech, je tedy srovnatelná s geometrickými rozměry místnosti => je možný vznik stojatého vlnění a vzniká výrazná prostorová nehomogenita akustického pole.

Hluk v oblasti nízkých frekvencí je vnímán jako pulzace a fluktuace, který způsobuje pocit tlaku v uších, což je z hlediska subjektivního vnímání uživatele značně nepříjemné.

2.1 Identifikace nízkofrekvenčního hluku měřením mimo oblast hodnocení kročejové neprůzvučnosti a nedostatky hodnotících metod používaných v současné době

Problematika je popsána na příkladu výsledků měření v bytovém domě, kde dochází v prostorách bytu situovaného v 1.NP ke značnému subjektivnímu rušení hlukem, způsobeným pohybem osob (uživatel bytu 2.NP) po stropní konstrukci (chůze, apod.). Na základě této skutečnosti bylo provedeno měření kročejové neprůzvučnosti stropní konstrukce oddělující prostory bytu v 1.NP a místnost bytu ve 2.NP. Dále provedeno informativní měření spektrální analýzy hluku způsobeného pohybem osob po stropní konstrukci ve 2.NP.

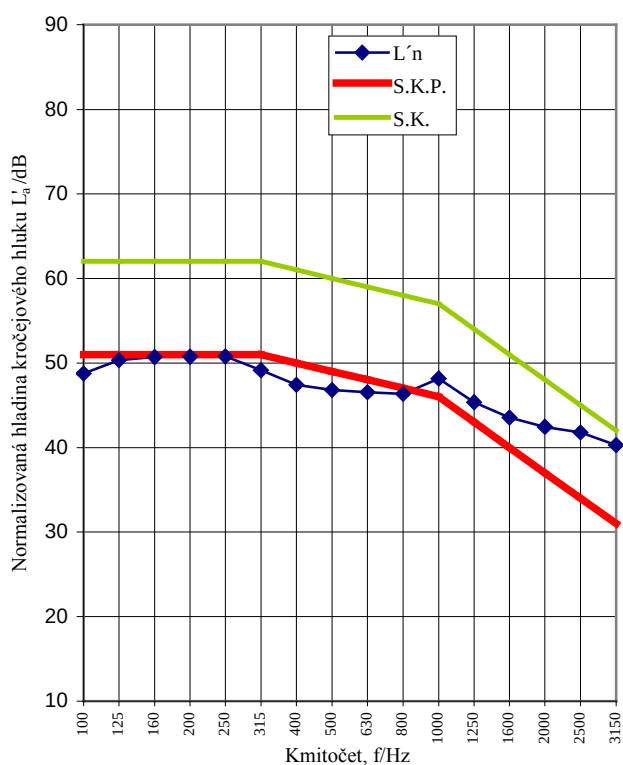
f	T	L'_i	L'_n	S.K.P.
Hz	s	dB	dB	dB
50				
63				
80				
100	0,38	48,7	48,8	51
125	0,22	47,9	50,3	51
160	0,35	50,3	50,7	51
200	0,35	50,4	50,7	51
250	0,3	49,7	50,8	51
315	0,28	47,8	49,2	51
400	0,32	46,6	47,4	50
500	0,28	45,4	46,8	49
630	0,27	45,0	46,5	48
800	0,27	44,8	46,3	47
1000	0,27	46,7	48,2	46
1250	0,27	43,8	45,3	43
1600	0,28	42,2	43,5	40
2000	0,27	40,9	42,5	37
2500	0,26	40,1	41,8	34
3150	0,26	38,6	40,3	31
4000				
5000				

X korigované hodnoty

f kmitočet

T doba dozvuku

L'_i hladina akustického tlaku kročejového zvuku

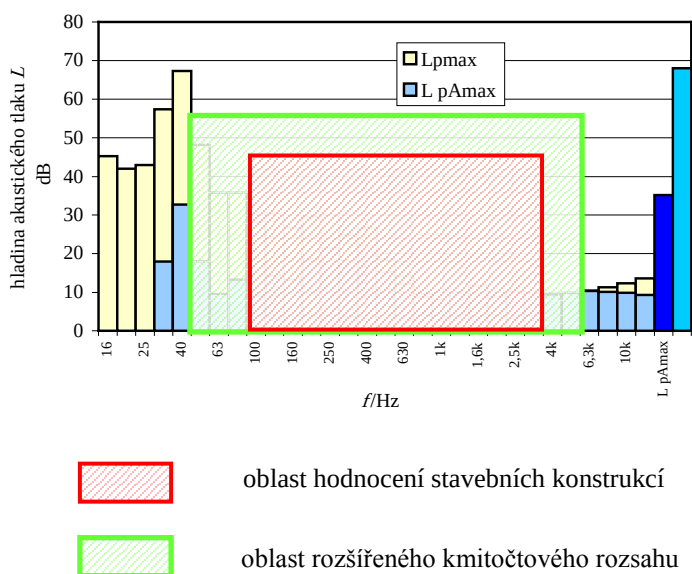


L'_n normalizovaná hladina ak. tlaku kročejového zvuku

$L'_{n,w}$ vážená normalizovaná hladina ak. tlaku kročejového zvuku

Obrázek 1 Výsledky měření kročejové neprůzvučnosti stropní konstrukce mezi 1.NP a 2.NP

f	L_{pmax}	L_{pAmax}	U_{pmax}
Hz	dB	dB	dB
16	45,3	-	4,3
20	42,0	-	6,9
25	43,0	-	5,4
31,5	57,4	18,0	1,9
40	67,4	32,8	1,0
50	48,2	18,0	2,1
63	35,8	9,6	1,4
80	35,8	13,3	1,0
100	28,3	9,2	3,3
125	30,4	14,3	1,1
160	26,7	13,3	2,3
200	29,5	18,6	1,8
250	30,0	21,4	1,1
315	24,8	18,2	1,0
400	26,7	21,9	3,7
500	18,5	15,3	1,3
630	14,1	12,2	1,3
800	9,6	8,8	1,1
1k	8,0	8,0	1,1
1,25k	9,3	9,9	1,9
1,6k	10,7	11,7	1,2
2k	7,6	8,8	1,0
2,5k	8,8	10,1	1,0
3,15k	8,6	9,8	1,0
4k	8,4	9,4	1,0
5k	9,3	9,8	1,0
6,3k	10,5	10,4	1,0
8k	11,3	10,2	1,0
10k	12,4	9,9	1,0
12,5k	13,6	9,3	1,0
L_{pAmax}	35,2		1,4
L_{pCmax}	68,1		1,8



Obrázek 2 Spektrální analýza informativního měření hluku způsobeného pohybem osob po stropní konstrukci nad 1.NP

Požadavek dle ČSN 73 0532/2010 pro všechny místnosti druhých bytů je $L'_{nw} = 55$ dB, naměřená hodnota je $L'_{nw} = 49$ dB $\Rightarrow$ kročejová neprůzvučnost mezi místnostmi vyhovuje. Z obrázku 2 je patrné, že hlučnost, která je subjektivně slyšitelná v 1. NP, způsobená pohybem osob ve 2. NP se nachází v oblasti nízkých frekvencí (31,5 – 40) Hz, která je mimo rozsah hodnocení zvukoizolačních vlastností stavebních konstrukcí dle ČSN EN ISO 717 – 2.

Hodnota maximální hladiny akustického tlaku L_{pmax} pro kmitočet 40 Hz (tónová složka) $L_{pmax} = 67,4$ dB viz. obrázek 2, zjištěná při pohybu osob po stropní konstrukci leží nad hranicí prahu slyšení (viz. tab. 1) pro daný kmitočet. Hranice prahu slyšení nabývá hladiny $L_{ps} = 49$ dB.

f_t [Hz]	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160
L_{ps} [dB]	92	87	83	74	64	56	49	43	42	40	38	36	34

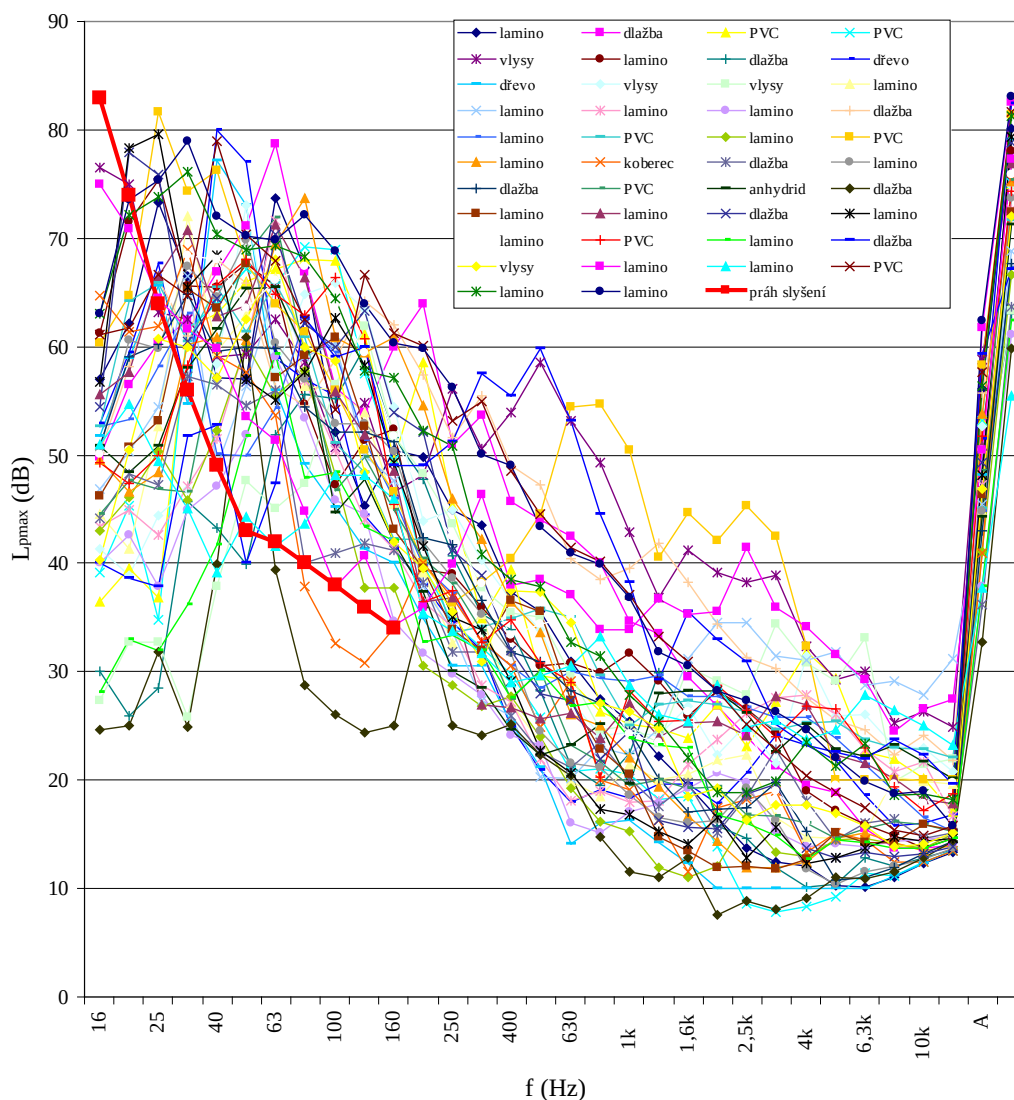
Tabulka 1 Hladina prahu slyšení

Faktor přizpůsobení spektru daného příkladu pro frekvenční rozsah 100 Hz až 3150 Hz je $C_1 = -4$ dB. Pro rozšířený kmitočtový rozsah 50 Hz až 2500 Hz je $C_{1,50-2500} = -3$ dB. Z toho

vyplývá, že i po zohlednění faktoru přizpůsobení spektru do výsledné hodnoty L'_{nw} kročejová neprůzvučnost stále vyhovuje.

Tento příklad byl jedním z prvních námi zjištěných případů neřešitelného problému z hlediska legislativy. Na základě zjištěných skutečností jsme měřili další konstrukce nejen z hlediska kročejové neprůzvučnosti dle příslušných norem, ale prováděli jsme i informativní měření spektrální analýzy hluku způsobeného pohybem osob po stropní konstrukci. Z obrázků 3 a 4 je patrné, že výše uvedený příklad nebyl ojedinělý a náhodný.

Téměř všechny konstrukce vykazují tónový charakter zvuku v oblasti nízkých kmitočtů vysoce přesahující hladinu prahu slyšení, viz. obrázek 5.

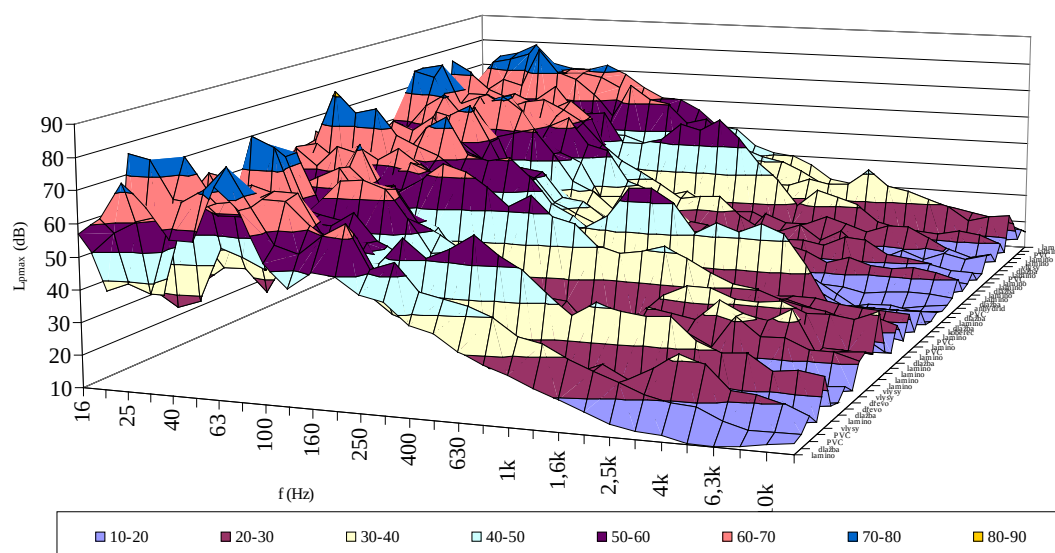


Obrázek 3 Spektrální analýza informativního měření hluku způsobeného pohybem osob po stropní konstrukci - souhrn 42 měření

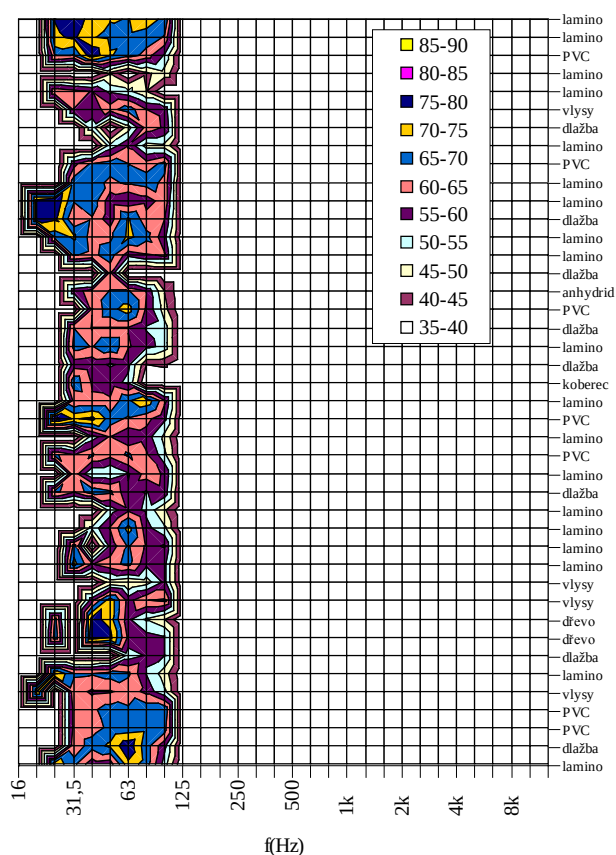
Na základě výsledků měření kročejové neprůzvučnosti a informativních měření hluku způsobeného pohybem osob po stropní konstrukci byly zjištěny následující skutečnosti:

- spektrální analýzou zdroje hluku – pohybu osob po stropní konstrukci bylo zjištěno, že se jedná o zdroj hluku s výraznými tónovými složkami v oblasti nízkých kmitočtů do 100 Hz, tedy mimo oblast hodnocení kročejové neprůzvučnosti stropní konstrukce v souladu s [2], [3];

- při využití faktoru přizpůsobení spektru pro rozšířené kmitočtové spektrum je problém v dalším vyhodnocení, pro které neexistuje žádná legislativa;
- hodnoty maximálních hladin akustického tlaku L_{pmax} pro nízké frekvence zjištěné při pohybu osob po stropní konstrukci leží nad hranicí prahu slyšení. Vzhledem k tomu, že se jedná o zvuky s výraznými tónovými složkami dominantní v rámci celého spektra, lze je považovat z hlediska vnímání za značně rušivé.



Obrázek 4 3D Multispektrální analýza informativního měření hluku způsobeného pohybem osob po stropní konstrukci - souhrn 42 měření



Obrázek 5 2D Multispektrální analýza v oblasti (16 – 100) Hz nad hladinou prahu slyšení

3 ZÁVĚR

Z příkladu měření stropní konstrukce vyplývá, že z hlediska zajištění akustické pohody uživatel bytů není daný problém řešitelný.

Z hygienického hlediska na tuto situaci nelze vztáhnout požadavek Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. “o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací“, protože toto nařízení vlády se nevztahuje na hluk způsobený běžným užíváním bytů.

Z hlediska hodnocení dle ČSN EN ISO 717-2/98 Akustika. Hodnocení zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách - Část 2: Kročejová neprůzvučnost a požadavkům dle ČSN 73 0532/2010 Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních výrobků – Požadavky, měřená stropní konstrukce vyhoví. Na základě spektrální analýzy však bylo zjištěno, že zdroj hluku (v našem případě pohyb osob) s výraznými tónovými složkami v oblasti nízkých kmitočtů je mimo oblast hodnocení kročejové neprůzvučnosti stropní konstrukce dle ČSN EN ISO 717-2/98.

Použitá literatura

1. BERKA,P. Disertační práce, Brno 2004.
2. ČSN 73 0532/2010 Akustika - Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních výrobků - Požadavky.
3. ČSN EN ISO 717-2/98 Akustika - Hodnocení zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách - Část 2: Kročejová neprůzvučnost.
4. Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. “o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.

Kontaktní údaje

Ing. Petra Berková
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební
Veveří 331 / 95, 602 00 Brno
Tel: 721 653 255
e-mail: cuprova.p@seznam.cz

Ing. Pavel Berka, Ph.D.
Laboratoř BP akustika
Klokočí 8, 644 00 Brno – Soběšice
Tel: 604 356 221
e-mail: info@bpakustika.cz

POSUZOVÁNÍ ENVIRONMENTÁLNÍCH DOPADŮ VÝSTAVBY V RŮZNÝCH HISTORICKÝCH OBDOBÍCH

ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT OF BUILDING CONSTRUCTION DURING DIFFERENT HISTORICAL PERIODS

Karel Struhala

Abstrakt

Ve stavebnictví se dnes stále častěji přistupuje k hodnocení environmentálních dopadů výstavby. To má za cíl optimalizaci výroby stavebních materiálů, výstavby a užívání objektů. Bohužel se v praxi často můžeme setkat s nepřesnostmi způsobenými nedostatečnou znalostí nebo špatnou aplikací metodiky posuzování. Tento článek na jednoduchém příkladu popisuje environmentální dopady výstavby v různých historických obdobích, reprezentované kvůli zjednodušení emisemi CO₂ do ovzduší.

Klíčová slova: posuzování životního cyklu, udržitelný rozvoj

Abstract

In contemporary building industry can be seen increasing concerns for assessment of the environmental impact of construction process. Aim of this process is optimization of the production of building materials, construction and usage of buildings. Unfortunately, in practice we can often encounter inaccuracies caused by lack of knowledge or poor application of the assessment methodology. This article describes a simple example of the environmental impacts of construction in different historical periods, represented for simplicity by CO₂ emissions to the atmosphere.

Key words: life cycle assessment, sustainable development

1 ÚVOD

Jedním z nejvýznamnějších cílů současné společnosti je snaha o ekologicky udržitelný rozvoj – o uspokojení základních potřeb dneška bez kompromitování schopnosti budoucích generací uspokojit jejich základní potřeby [1]. Ve stavebnictví se tato snaha projevuje zaváděním ekologicky šetrnějších technologií a alternativních řešení, která jsou aplikována na novou výstavbu i prováděné rekonstrukce stávajících objektů. Zároveň jsou vyvíjeny různé metodické postupy a nástroje, které mají environmentální dopady této činnosti hodnotit (například LEED v USA nebo SBToolCZ v ČR). Ty jsou primárně určeny pro hodnocení nově budovaných objektů. Existují (nebo jsou vyvíjeny) varianty těchto nástrojů, určené pro posuzování úprav stávajících objektů. Jejich širšímu využití ale brání rozmanitost stávajícího stavebního fondu, komplikující zařizování stávajících stavebních objektů podle posuzovaných kritérií. Pokud totiž budeme posuzovat objekty, vzniklé v různých historických epochách, za použití zcela odlišných technologií, materiálů a výrobních postupů, pomocí jednotné metodiky, dojde ke zkreslení výsledků posouzení. Tento článek chce na jednoduchém příkladu doložit, jak velkým nepřesnostem může takové (často nezáměrné) zjednodušování vést.

2 VÝSTAVBA V MINULOSTI A DNES

Dále budou porovnány environmentální dopady výstavby na území ČR ve dvou historických obdobích – před rokem 1850 a kolem roku 2000. Tato období byla zvolena záměrně. Kolem roku 1850 byla industrializace stavebnictví teprve na počátku, efektivita výrobních procesů byla nízká, většina práce byla prováděna ručně. Naproti tomu dnes používané technologie a postupy jsou mnohem sofistikovanější a materiály ekologicky šetrnější. Při práci je ale používána těžká mechanizace, která ke svému provozu potřebuje značné množství energie.

Jako srovnávaný parametr bylo vybráno množství CO_2 vyprodukované výrobou a dopravou stavebních materiálů. Emise CO_2 vzniklé přímo i nepřímo díky samotné výstavbě byly kvůli nedostatku vstupních údajů zanedbány. Kde to bylo možné, byly z existujících databází převzaty svázané emise CO_2 , zbývající nezjištěné emise byly dopočítány. Pro zjednodušení byly uvažovány pouze základní materiály používané pro hrubou stavbu objektu.

2.1 Výstavba před rokem 1850

Zjednodušeně lze říci, že v průběhu více než jednoho tisíce let před začátkem průmyslové revoluce nedošlo ve stavebnictví k výraznějším technologickým změnám. Nejvíce používanými neobnovitelnými zdroji v tomto období byly cihlářská hlína a různé druhy kamene, které sloužily nejen jako stavební materiál, ale také jako surovina pro výrobu vápna, skla, atd. Pro zjednodušení se dále budeme zabývat pouze materiály používanými pro provádění hrubé stavby. Jako reprezentativní veličina pro porovnání dopadů na životní prostředí bude použito množství CO_2 vyprodukované výrobou stavebních materiálů a výstavbou.

Hlavním stavebním materiálem byly kvůli dobré dostupnosti, použitelnosti, a životnosti cihly. Ty byly podobně jako dnes vyráběny v cihelnách nacházejících se přímo u zdrojů kvalitní cihlářské hlíny. O poptávce po tomto stavebním materiálu svědčí velké množství existujících cihlen – například jen v blízkém okolí města Brna stálo před rokem 1858 více než 11 cihlen.[2] Cihly v nich byly vyráběny v jednoduchých polních a žárových pecích. Účinnost těchto pecí byla poměrně nízká. Pro samotné vypalování cihel bylo využito pouze asi 40% tepla, produkovaného hořením paliva. Jako palivo bylo využíváno především dřevo, protože těžba a doprava uhlí by zbytečně zvyšovaly náklady na výrobu a tedy i cenu produktů. Pro výrobu 1000 cihel o hmotnosti 4,6 kg bylo potřeba přibližně 952 kg dobře vysušeného palivového dříví, jehož spálením se do ovzduší uvolní přibližně 1610 kg CO_2 . Na jednu vypálenou cihlu tedy připadá přibližně 1,61 kg CO_2 (0,35 kg CO_2 na 1 kg vypáleného materiálu). Obdobně lze uvažovat i v případě pálené střešní krytiny, kde například vypálení jedné bobrovky o hmotnosti 1,7 kg uvolní přibližně 0,60 kg CO_2 . [3][4]

Kámen se kvůli vyšším pořizovacím nákladům používal méně. Jeho těžba a úpravy byly prováděny převážně ručně, v menší míře s použitím trhavin, produkce škodlivých látek tak byla zanedbatelná. Horniny (vápenec) byly ale hlavními surovinami při výrobě vápna. To je hlavní surovinou pro výrobu vápenné malty, která byla v dané době nejrozšířenějším stavebním pojivem. Vápno se vyrábělo v jednoduchých pecích s periodickým nebo stálým provozem. K výpalu 100 kg páleného vápna bylo třeba přibližně 166 kg kvalitního vápence s obsahem 90% uhličitanu vápenatého a 39 kg dobře vysušeného palivového dříví. Výrobou se pak uvolní přibližně 66 kg CO_2 , tedy přibližně 0,66 kg CO_2 na 1 kg vypáleného vápna. Z jednoho kilogramu páleného vápna pak lze vyrobit 1,32 kg hašeného vápna, které slouží jako základní surovina pro výrobu vápenné malty. Výroba 1 kg hašeného vápna tak do ovzduší uvolní 0,5 kg CO_2 . [3][4][5]

Stavební řezivo lze považovat za obnovitelný materiál. Jeho těžba a úpravy byly prováděny buď ručně, nebo za použití pil poháněných vodou. Trvalé dopady úpravy dřeva na životní prostředí byly tedy zanedbatelné.

Doprava stavebních materiálů byla vzhledem k tehdejší technologické úrovni prováděna na dřevěných povozech tažených zvířaty. Samotná výstavba pak probíhala ručně, s použitím jednoduché mechanizace. Neměla tedy přímé negativní dopady na životní prostředí.

2.2 Výstavba kolem roku 2000

Běžná výstavba dnes na rozdíl od minulosti podléhá mnohem přísnější regulaci. Existuje řada legislativních i normativních požadavků, které musí být splněny. Technický a technologický rozvoj přinesl mnoho nových materiálů, zavádění mechanizace značně zjednodušilo výrobu stavebních materiálů. Díky rozvoji dopravní infrastruktury mohlo dojít k centralizaci výroby. Zavádění mechanizace značně zjednodušilo postup výstavby. To vše za cenu zvětšení dopadů výstavby na životní prostředí.

Cihly již nejsou nejrozšířenějším stavebním materiálem, přesto mají v porovnání s moderními materiály stále vysokou životnost. Nahradily je větší a lehčí keramické tvárnice. Keramické výrobky se dnes nejčastěji vyrábějí v tunelových pecích. Jako palivo se dnes již nevyužívá dřevo, ale například uhlí, zemní plyn nebo ropné deriváty. Výroba lehčené cihly o hmotnosti 1,6 kg tak uvolní do ovzduší přibližně 0,38 kg CO₂ (0,24 kg CO₂ na 1 kg vypáleného zboží). Výroba střešní tašky – bobrovky o hmotnosti 1,7 kg dnes do ovzduší uvolní 0,61 kg CO₂ (0,36 kg CO₂ na 1 kg vypáleného zboží). [6]

Kámen se dnes používá téměř výhradně jako dekorační materiál, v běžných konstrukcích (jako například v základech) byl nahrazen betonem. Výroba a zpracování 100 kg prostého betonu o objemové hmotnosti 2380 kg/m³ uvolní přibližně 11 kg CO₂ (0,11 kg CO₂ na 1 kg prostého betonu). Jako pojiva se dnes nejčastěji používá malt na bázi cementu, které v některých ohledech překonávají dříve používané vápenné malty. Výroba a zpracování 100 kg cementové malty o objemové hmotnosti 1500 kg/m³ uvolní přibližně 19 kg CO₂ (0,19 kg CO₂ na 1 kg malty). [6]

Stavební řezivo je stále nenahraditelnou součástí staveb. Na rozdíl od minulosti se k jeho těžbě a zpracování dnes ve velké míře používají stroje, a aby se zvýšila trvanlivost a odolnost proti nepříznivým vlivům, impregnuje se dřevo chemickými přípravky. Zpracování 100 kg měkkého řeziva (např. smrk) proto uvolní přibližně 19 kg CO₂ (0,19 kg CO₂ na 1 kg řeziva).

Největších změn bylo do současnosti dosaženo v dopravě. K dopravě se dnes téměř bez výjimky využívají stroje. Pro dopravu na kratší vzdálenosti jsou to především automobily, na delší vzdálenosti jsou to podle charakteru nákladu vlaky, lodě nebo letadla. Nákladní automobil se spotřebou 30 litrů nafty na 100 km tak během 100 km dlouhé cesty vyprodukuje přibližně 805 kg CO₂ (přibližně 0,81 kg CO₂ na kilometr jízdy). [7]

3 PŘÍKLAD – POROVNÁNÍ PRODUKCE CO₂

V předchozí kapitole byla uvedena množství CO₂, která se uvolní při výrobě, přepravě zvolených stavebních materiálů. Nyní bude porovnáno celkové množství CO₂ uvolněné při produkci, výrobě a dopravě těchto materiálů před rokem 1850 a kolem 2000. Pro toto porovnání byly zvoleny čtyři typické části hrubé stavby objektu s následujícími parametry:

- **1 m základového pásu o rozměrech 0,6 x 0,6 m** → 0,360 m³ kamene (před r. 1850) nebo prostého betonu (kolem r. 2000)

- **1 m² zdiva o tloušťce 0,45 m** → 134 ks cihel plných a 0,044 m³ vápenné malty (před r. 1850), respektive 134 ks cihel lehčených a 0,044 m³ cementové malty (kolem r. 2000)
- **1 m² stropní konstrukce** - trámový strop (před r. 1850), respektive železobetonová deska tl. 200 mm (kolem r. 2000) → 0,53 m³ řeziva na trámy a záklop, respektive 0,2 m³ prostého betonu vyztuženého ocelí
- **1 m² střešního pláště** → 36 ks bobrovek, 0,041 m³ řeziva na krokve, latování, atp.
- **doprava** → vzdálenost 20 km, povozy se zapřaženými tažnými zvířaty (před rokem 1850), respektive nákladní automobil (kolem r. 2000)

Při porovnávání bylo dále uvažováno:

- Jsou zahrnuty pouze výše uvedené materiály – spojovací prvky, izolace, atp. jsou kvůli zjednodušení zanedbány. Jako výztuž v betonovém stropu je uvažováno 6 ocelových prutů průměru 12 mm v jednom metru šířky desky. Při výrobě 1 kg této výztuže se vyprodukuje přibližně 1,48 kg CO₂.
- Pro výrobu 100 kg vápenné malty o objemové hmotnosti 1600 kg/m³ je třeba 20 kg hašeného vápna.
- Nákladní automobil, má nosnost 8000 kg nákladu při výše uvedené spotřebě 30 l nafty na 100 km.

Produkce CO ₂ při výstavbě v kg		
Typ konstrukce	Před r. 1850	Po r. 2000
Základový pás	0	94,25
Zdivo	222,78	63,46
Střešní plášť	19,20	22,64
Stropní konstrukce	0	60,06
Doprava	0	22,98
Celkem	241,98	263,39

Tab. 1: Porovnání množství uvolněného CO₂.

3.1 Vyhodnocení

Z příkladu vyplývá, že i když byl stavební průmysl v minulosti méně efektivní, měl menší dopady na životní prostředí, než v současnosti - tabulka ukazuje, že výroba materiálů pro zdění (cihel a malty) dnes do ovzduší uvolňuje 3,5 krát méně CO₂, než před rokem 1850. Potřeba uměle produkované energie pro dopravu a zpracování téměř všech dnes užívaných (i obnovitelných) stavebních materiálů ale vede ke zvyšování celkových dopadů stavebnictví na životní prostředí. Zjištěný rozdíl 21,41 kg CO₂ se nemusí zdát příliš výrazný, je ale nutné si uvědomit, že při výstavbě jsou užívány řádově větší objemy materiálů, než byly posuzovány v tomto příkladu.

4 ZÁVĚR

Zvoleným příkladem byly dokázány poměrně výrazné rozdíly v environmentálních dopadech různých technologií užívaných při výrobě a dopravě stavebních materiálů ve zvolených historických obdobích. Použitý způsob porovnání je pro běžné užívání ve stavební praxi zbytečně komplikovaný. Jeho přesnost závisí pouze na kvalitě získaných historických

údajů. Zejména při posuzování environmentálních dopadů úprav stávajících objektů by ale vliv původně použitých technologií neměl být opomíjen.

Použitá literatura

1. *Udržitelnost*. Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 24. 9. 2012 [cit. 2012-10-12]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Udržitelnost>
2. DOLEŽAL, F. *Situations-Plan der Landes-Hauptstadt Brünn sammt allen Vorstädten / nach den vorzüglichsten und besten Quellen zusammengestellt und gezeichnet von Franz Doležal*. 1:5760. Brno: Verlag von Buschak & Irrgang, 1858. Dostupné z: <http://vilemwalter.cz/mapy/>
3. HELAN, B. *Hospodárné pálení v cihelnách a vápenicích: praktická příručka pro majitele závodů, technické síly a topiče*. Brno: Staviva, spol s r.o., 1933. 276 s.
4. FRANTIŠEK, S. *Alternativní energetické zdroje a měrné emise CO₂*. [online]. [cit. 2012-10-10]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/alternativni-energeticke-zdroje-a-merne-emise-co2>
5. *Malta (materiál)*. Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, [cit. 2012-10-17]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Malta_\(materiál\)](http://cs.wikipedia.org/wiki/Malta_(materiál))
6. *Katalog materiálů*. [online]. [cit. 2012-10-12]. Dostupné z: <http://envimat.cz/materiály>
7. *Spočítejte si, kolik emisí CO₂ vyprodukuje Vaše auto*. [online]. [cit. 2012-10-15]. Dostupné z: <http://ekoblog.cz/?q=emise>

Kontaktní údaje

Ing. Karel Struhala

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební

Veveří 331/95, 602 00 Brno

email: struhala.k@fce.vutbr.cz

DOPORUČENÍ PRO VÝBĚR VHODNÉHO SOLÁRNÍHO KOLEKTORU

RECOMMENDATIONS FOR SELECTING AN SOLAR COLLECTOR

Hana Svatoňová

Abstrakt

Tento článek se zabývá problematikou solárních kolektorů. Je zde uvedeno rozdělení a typy solárních kolektorů a vhodnost jejich použití podle rozdílu teploty, které potřebujeme dosáhnout a teplotou venkovního vzduchu. Dalšími kritérii jsou sklon a orientace kolektorů. V další části jsou popsány principy návrhu plochy kolektorů.

Klíčová slova: solární kolektory, účinnost, plochý kolektor, trubkový vakuový kolektor

Abstract

This article introduces problems of solar collectors. Distribution and types of solar collectors and their suitability for use according to the temperature difference, which we need to reach and the outside air temperature, are mentioned in this article. Other criteria are the inclination and orientation of the collectors. The next section describes the design principles of collector area.

Key words: solar collectors, efficiency, flat plate solar collector, vacuum tube collector

1 SOLÁRNÍ ENERGIE

Energie ze slunce je jedním z nejvýznamnějších zdrojů energie pro naši biosféru, tj. pro veškerý život na zemi. Solární energie je na zemi dostupná všude, existují však značné rozdíly v jejím množství mezi jednotlivými lokalitami. Kolik energie lze ze slunečního záření získat? Záleží na zeměpisné šířce, roční době, místním klimatu a oblačnosti a na sklonu a orientaci plochy, na niž sluneční záření dopadá. [3]

2 SOLÁRNÍ KOLEKTORY

Na trhu je dnes velké množství solárních kolektorů. Většina z nich používá pro přenos tepla z kolektoru do místa využití teplonosných kapalin (kapalinové kolektory). Další možnosti jsou kolektory vzduchové. [2] Výhodou kapalinových kolektorů je, že voda má vysokou měrnou tepelnou kapacitu a proto stačí malé průměry rozvodů. Na rozdíl od vzduchových kolektorů, kde musí být použity rozvody velkých průměrů a také větší objemy zásobníků (pro akumulaci tepelné energie se používá se šterk a oblázky). [3]

Dále se kolektory dělí dle konstrukce na ploché, trubicové a koncentrační. [1] Ploché kolektory mají ploché zasklení a plochý absorbér, kdy je plocha absorbéru stejná jako vstupní aparatura (plocha kolektoru, do níž vstupuje sluneční záření). U koncentračních, je absorbér menší a vstupující záření je na něj soustředěno čočkou nebo zrcadlem. Dle materiálu absorbéru se dále dělí na plastové, kovové s neselektivním povrchem, kovové se selektivním povrchem a akumulární. Plastové se používají, při ohřevu vody na relativně nízkou teplotu (např. ohřev bazénů). Kovové absorbéry jsou použitelné i za vyšších teplot. [3]

Další důležitou vlastností kolektorů je tlak výplně, ten je buď atmosferický nebo subatmosferický (vakuový). [1] Vakuové kolektory se používají tam, kde je požadavek na velký rozdíl teplot mezi teplotou látkou a okolním vzduchem. Podle zasklení mohou být kolektory bez zasklení, s jednoduchým zasklením a s vícevrstevným zasklením. Zasklení kolektoru zabraňuje tepelným ztrátám, ale musí být zároveň dostatečně propustné, aby nebránilo dopadu slunečního záření na absorber. [1]

Bez ohledu na provedení všechny druhy absorberů zachytí dopadající záření a přemění ho na teplo. Výrazné rozdíly jsou v tepelných ztrátách kolektorů, tj. jaký užitečný výkon, resp. účinnost kolektor má. [1]

2.1 Účinnost kolektoru

Pro výběr optimálního kolektoru, musíme porozumět jeho vlastnostem a také tomu, na čem závisí jeho účinnost. Účinnost kolektoru je dána podílem užitečného tepelného výkonu, který z kolektoru získáme, a výkonu slunečního záření, které na kolektor dopadá. Zjednodušeně je užitečný výkon kolektoru dán rovnicí:

$$W = \alpha * \tau * E - U * (t_m - t_a)$$

kde:

W užitečný výkon [W];

α koeficient absorpce (udává, jaký podíl záření je pohlcen absorberem);

τ koeficient propustnosti zasklení (udává, jaký podíl záření projde na absorber);

E intenzita slunečního záření [W/m^2];

U součinitel prostupu tepla z absorberu do okolí [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$];

$t_m - t_a$ je rozdíl mezi střední teplotou absorberu a venkovní teplotou [$^{\circ}\text{C}$];.

Účinnost kolektoru je pak dána vztahem:

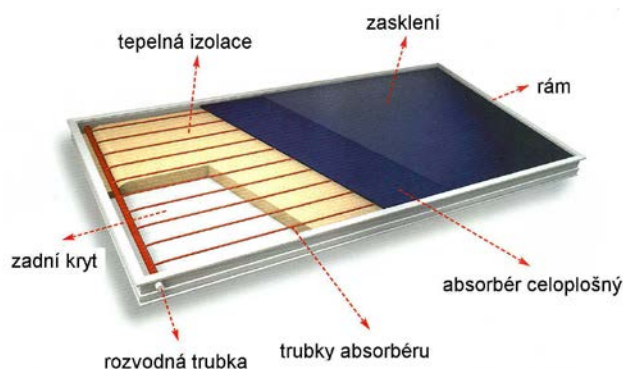
$$\eta = \alpha * \tau - U * (t_m - t_a) / E$$

Účinnost se skládá ze dvou členů, kde se první člen nazývá optická účinnost a závisí jen na vlastnostech absorberu (tj. jeho pohltivosti) a zasklení (tj. jeho propustnosti). Čítec ve druhém členu popisuje tepelné ztráty kolektoru, závisí tedy na tom, jak dobře je kolektor izolován a na tom, jaký je rozdíl teplot mezi absorberem a okolním vzduchem. Jmenovatel druhého členu pak představuje intenzitu slunečního záření. [3]

2.2 Typy kolektorů

2.2.1 Ploché kolektor

Ploché kolektory se skládají z ploché aparatury a plochého absorberu. Absorber bývá obvykle kovový a to buď celoplošný, nebo dělený (tvořený lamelami). V dnešní



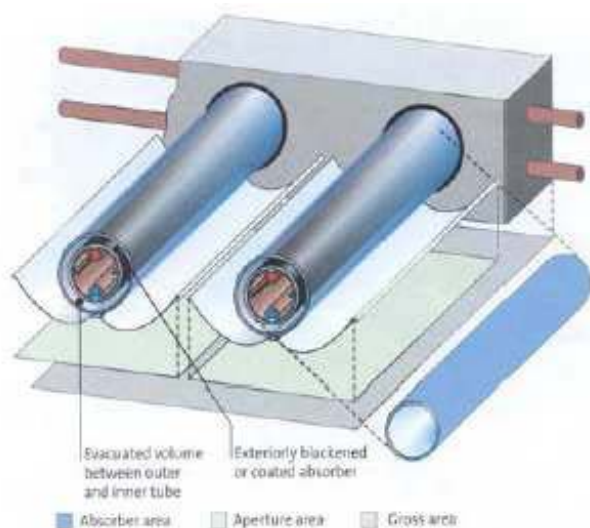
Obr.1 Schéma plochého kolektoru [1]

době mají téměř všechny ploché kolektory selektivní povrch absorbéru. [2]

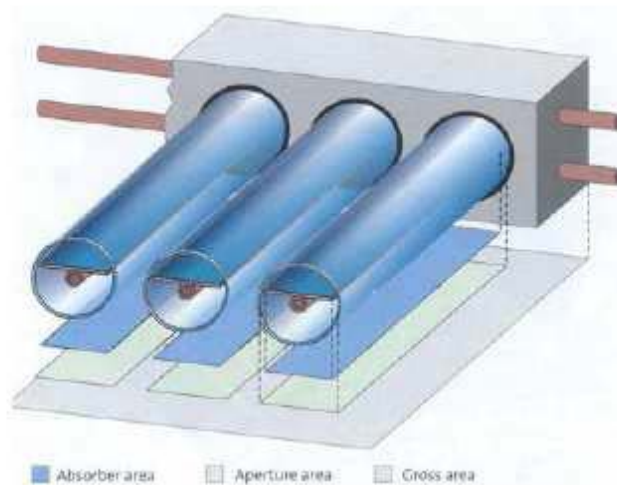
Plochý kolektor se skládá z rámu (kolektorová skříň, kolektorová vana), který je vyplněn tepelnou izolací. Rám je buď lisovaný, nebo složený z profilů. Na tepelné izolaci je pak trubkový registr, ze kterého je teplem nosnou kapalinou odváděno využitelné teplo. Absorpční plocha je přivařena (ultrazvukově, laserově) nebo nalisována na trubkový registr. Lisovaná skříň kolektoru musí být chráněna před možnou degradací vlivem vlhkosti. Skříňové kolektory skládané z profilů jsou obvykle opatřeny větracími otvory, kterými je odváděna vlhkost, a které zamezují rosení na skle kolektoru. [2]

2.2.2 Trubkové vakuové kolektory

Trubkové kolektory jsou kolektory s válcovou aparaturou (zasklením). Vakuový kolektor znamená, že daný kolektor má prostor mezi absorbérem a zasklením vakuován na extrémně nízký tlak pod 10^{-3} Pa. Trubkové vakuové kolektory kombinují vakuové izolace a nízkoemisní povrch absorbéru, tím dosahují velmi nízkých tepelných ztrát a to i při velkých rozdílech teplot mezi venkovním prostředím a absorbérem. Je tedy možné je použít například v oblasti průmyslového a technologického tepla nebo solárního chlazení. [2]



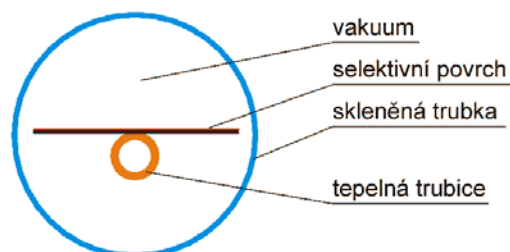
Obr.1 Trubkový kolektor Sydney [1]



Obr.2 Trubkový kolektor s jednostěnnou trubkou [1]

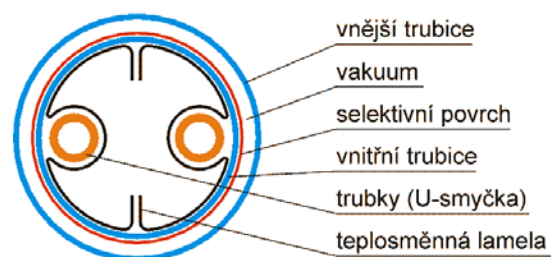
Dělení trubkových kolektorů dle konstrukčního provedení:

Trubkové vakuové kolektory s jednostěnnou trubkou – tento typ kolektoru se skládá z uzavřené skleněné trubice s plochou lamelou absorbéru se selektivním povrchem. Vnitřní prostor trubky je vakuován. Tento typ kolektorů má velmi dobrý přestup tepla z absorbéru do teplem nosné látky zajištěný ultrazvukovým nebo laserovým navařením absorbéru na trubky s teplem nosnou látkou. Výhodou těchto kolektorů je, že jsou na velmi dobré technické úrovni a pracují s vysokou účinností. Nevýhodou je, že jde o investičně velmi náročné řešení. [2]



Obr.4 Schéma trubkového kolektoru s jednostěnnou trubkou [1]

Trubkové vakuové kolektory s dvoustěnnou trubkou (Sydney) – skládá se z válcové dvojstěnné koncentrické celoskleněné trubice (princip termosky). Vnější trubka slouží jako ochrana před atmosférickými vlivy a vnitřní trubka zachycuje sluneční záření a přeměňuje ho na teplo. Mezi skleněnými trubkami je vakuum a vnější povrch vnitřní absorpční trubky je opatřen selektivní vrstvou s absorpčním povrchem. U tohoto typu kolektorů musí být zajištěn přenos tepla z vnitřního povrchu vnitřní absorpční trubky do teplotonosné kapaliny. Tento přenos zajišťuje teplosměnná vodivá lamela (hliníková). Ta musí zajišťovat co nejvodivější kontakt s vnitřním povrchem absorpční trubky a s vnějším povrchem potrubí pro odvod tepla. Problémem u tohoto typu kolektorů je rozdílná kvalita a ne všichni výrobci docílí správného přenosu tepla z absorpčního povrchu do teplotonosné kapaliny, čímž je zhoršena účinnost kolektoru. [2]

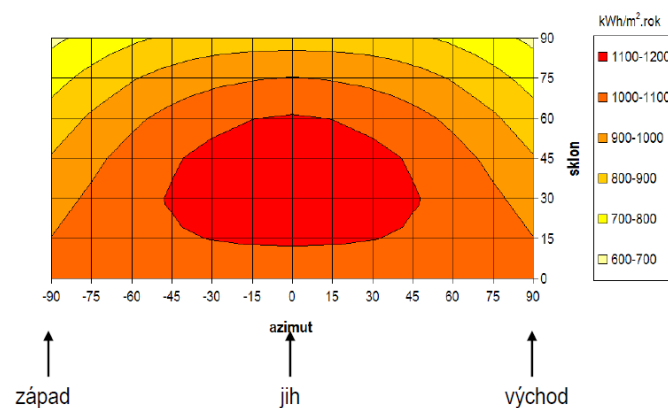


Obr.5 Schéma Sydney kolektoru [1]

2.3 Výběr optimálního typu kolektoru

Při výběru optimálního kolektoru je nejdůležitějším kritériem teplota (resp. Rozdíl teplot mezi teplotou kolektoru a okolním vzduchem), na kterou potřebujeme ohřát teplotonosnou látku. Potřebujeme tedy znát jeho účinnostní křivku, která popisuje jeho účinnost při různých rozdílech teplot mezi absorberem a okolím a při různých intenzitách slunečního záření. [3]

Dalším hlediskem, které ovlivní náš výběr je možnost vhodného umístění kolektoru. Ideálně by měl být kolektor umístěn k jihu ($\pm 45^\circ$) se sklonem od 15° do 60° dle obr. 1. Pokud tento sklon nebo orientaci nelze dodržet, nebo potřebujeme získat maximum energie z omezené plochy, je vhodné použít kolektory s menšími ztrátami. [3]



Obr.6 Dávka slunečního záření [1]

Vakuové kolektory je vhodné použít tam, kde je požadavek aby kolektor pracoval i při nízké intenzitě záření a zužitkoval i rozptýlené záření, které je k dispozici při mírně zatažené obloze. [3]

Při ohřevu bazénové vody pouze v letním období, kdy vodu ohříváme přibližně na teplotu okolního vzduchu, nám bude stačit nejlevnější plastový absorbér bez průhledného krytu (v tomto případě by zasklení zvýšilo cenu a účinnost by klesla). Vzhledem k tomu, že teplota okolního vzduchu je přibližně stejná jako teplota, které se snažíme dosáhnout, nemusíme minimalizovat tepelné ztráty kolektoru. Kolektor se zasklením je vhodné použít v případě, že

se jedná o zvláště chladnou nebo větrnou oblast, nebo chceme maximálně prodloužit koupací sezónu. [3]

V případě, že potřebujeme ohřát teplou vodu z 10 °C na 40 °C lze použít kolektor s neselektivním povrchem (obyčejnou černou barvou) a jedním zasklením. Při použití selektivního povrchu se zvláště v zimních měsících výrazně zvýší účinnost, ale také pořizovací náklady. V poslední době se i pro ohřev vody začínají využívat vakuové kolektory. Výrobci tvrdí, že jejich vyšší účinnost a lepší schopnost využívat difuzní záření dokáže vykompenzovat jejich vyšší cenu. [3]

Pro vytápění s použitím běžného ústředního topení, kde potřebujeme teplotu vody mezi 60 °C a 80 °C a venkovní teplota vzduchu v zimních měsících je nízká, musíme použít kolektor se selektivním povrchem nebo vakuový kolektor, který je použitelný i při rozdílu teplot přes 100 °C. Tyto kolektory je vhodné použít také k ohřevu vody v extrémních podmínkách (horské oblasti). [3]

Pokud potřebujeme ještě vyšší teploty (např. v průmyslu), je nutné použít nějaký druh koncentrátoru. [3]

2.4 Návrh plochy solárních kolektorů

Nejprve musíme navrhnout velikost celkové plochy solárních kolektorů. Tuto plochu navrhne na základě konkrétního typu kolektoru a stanoví se z parametru konkrétního solárního kolektoru, resp. z křivky účinnosti kolektoru, případně z modifikátoru, klimatických podmínek, bilance tepelných ztrát solární soustavy (rozvody, zásobník) a potřeby tepla, kterou potřebujeme pokrýt solárními zisky. [2]

Pro samotný návrh pak existují čtyři principy řešení:

2.4.1 Ekonomické řešení

Ekonomické řešení slouží pro docílení vysokých měrných zisků solární soustavy. Solární soustava se navrhuje na nízké solární pokrytí potřeby tepla. U přípravy teplé vody se navrhuje pokrytí od 10 do 40 % a pro vytápění do 10 %. Toto řešení zajišťuje vysokou využitelnost tepelných zisků a eliminuje přebytky v letním období, vysokou účinnost vlivem nízké provozní teploty soustavy a vede k dosažení výhodných ekonomických parametrů solární soustavy (nízká cena solárního tepla). [2]

2.4.2 Ekologické řešení

Toto řešení slouží pro docílení vysokých celkových zisků. Ve snaze o maximální nahrazení primárních paliv a úspory emisí se navrhuje na vysoké solární pokrytí potřeby tepla. Pro ohřev teplé vody se navrhuje pokrytí vyšší než 50 % a pro solární vytápění více než 15 %. Toto řešení často vede k předimenzované solární soustavě s vysokými přebytky tepla v letním období. Díky vysoké ceně výkupního tepla se tento způsob využívá především u rodinných domů, kde ekonomické parametry nejsou příliš sledovány. [2]

2.4.3 Optimalizované řešení

Optimalizované řešení slouží k návrhu s požadovaným solárním pokrytím, např. 50 % s ohledem na letní přehřívání, avšak s udržitelnou ekonomikou provozu. [2]

2.4.4 Omezené řešení

Omezené řešení se řídí podmínkami struktury budovy, například maximální velikost střechy, možný sklon kolektorů, architektonické souvislosti. [2]

Výběr řešení má vycházet z požadavků investora a za správně navrženou soustavu se dá považovat řešení, které splňuje jeho očekávání. [2]

3 ZÁVĚR

Solární energie je díky své dostupnosti a nevyčerpatelnosti potenciální energií budoucnosti. Největší část energií, které v současné době využíváme, pochází z fosilních paliv (např. uhlí, plyn, ropa). Zásoby těchto zdrojů však nejsou nevyčerpatelné a vědci stále více upozorňují na jejich snižující se množství. Dalším důvod proč ustupujeme od těchto zdrojů energií je jejich dopad na životní prostředí. Po těžbě nám zůstává zdevastovaná krajina, do ovzduší si vypouštíme emise. Oproti fosilním palivům má solární energie minimální dopad na životní prostředí. Při současných zvyšujících se cenách energií bude solární energie stále více využívána.

Použitá literatura

1. MATUŠKA, T., *Solární kolektory*. Prezentace dostupná z http://users.fs.cvut.cz/~matustom/AZE-P2-solarni_kolektory.pdf
2. MATUŠKA, T., *Solární soustavy pro bytové domy*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, a.s., 2010. 136 s. ISBN 978-80-247-3503-0.
3. MURTINGER, K., TRUXA, J., *Solární energie pro váš dům*. 1. vydání. Brno: Computer Press, a.s., 2010. 107 s. ISBN 978-80-251-3241-8.

Kontaktní údaje

Ing. Hana Svatoňová
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební
Veveří 331/95, 602 00 Brno
Tel: 605 383 037
email: Svatonova.h@fce.vutbr.cz

POŽADAVKY NA ÚROVEŇ DENNÍHO OSVĚTLENÍ OBYTNÝCH MÍSTNOSTÍ

REQUIREMENTS FOR DAYLIGHTING IN RESIDENTIAL ROOMS

Lenka Gábrová

Abstrakt

Článek se zabývá požadavky na denní osvětlení obytných místností dle platné české legislativy a norem.

Klíčová slova: denní osvětlení, činitel denní osvětlenosti, obytné místnosti, české technické normy

Abstract

The article deals with requirements for daylighting in residential rooms according to Czech legislation and Czech technical standards.

Key words: daylighting, daylight factor, residential rooms, Czech technical standards

1 DENNÍ OSVĚTLENÍ OBYTNÝCH MÍSTNOSTÍ A LEGISLATIVA

Denní osvětlení má pro člověka nenahraditelný význam a ve vnitřních prostorech s trvalým pobytem lidí se musí v souladu s jejich funkcí co nejvíce využívat. [4]

Stíněním staveb se obecně zabývá § 127 odstavec 1 zákona č. 40/1964 Sb., občanský zákoník [3]. Požadavek na dodržení denního osvětlení obytných místností je zmíněn v § 25 vyhlášky č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území [2], a dále také v ustanoveních § 10, § 11 a § 12 vyhlášky č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby [1]. V § 11 odstavci 2 vyhlášky č. 268/2009 Sb. [1] se uvádí:

Obytné místnosti musí mít zajištěno denní osvětlení v souladu s normovými hodnotami.

Obytnou místností se přitom dle § 3 písmene i) vyhlášky č. 268/2009 Sb. [1] rozumí:

část bytu, která splňuje požadavky předepsané touto vyhláškou, je určena k trvalému bydlení a má nejmenší podlahovou plochu 8 m². Kuchyň, která má plochu nejméně 12 m² a má zajištěno přímé denní osvětlení, přímé větrání a vytápění s možností regulace tepla, je obytnou místností. Pokud tvoří byt jedna obytná místnost, musí mít podlahovou plochu nejméně 16 m²; u místností se šikmými stropy se do plochy obytné místnosti nezapočítává plocha se světlou výškou menší než 1,2 m.

Normová hodnota je v § 3 písmene k) vyhlášky č. 268/2009 Sb. [1] vysvětlena jako:

konkrétní technický požadavek, zejména limitní hodnota, návrhová metoda, národně stanovené parametry, technické vlastnosti stavebních konstrukcí a technických zařízení, obsažený v příslušné české technické normě, jehož dodržení se považuje za splnění požadavků konkrétního ustanovení této vyhlášky.

Normové hodnoty denního osvětlení, na které se vyhláška č. 268/2009 Sb. [1] odvolává, jsou pro obytné místnosti uvedeny v normách ČSN 73 0580-1 [4] a ČSN 73 0580-2 [5].

2 HODNOCENÍ DENNÍHO OSVĚTLENÍ OBYTNÝCH MÍSTNOSTÍ NOVOSTAVEB

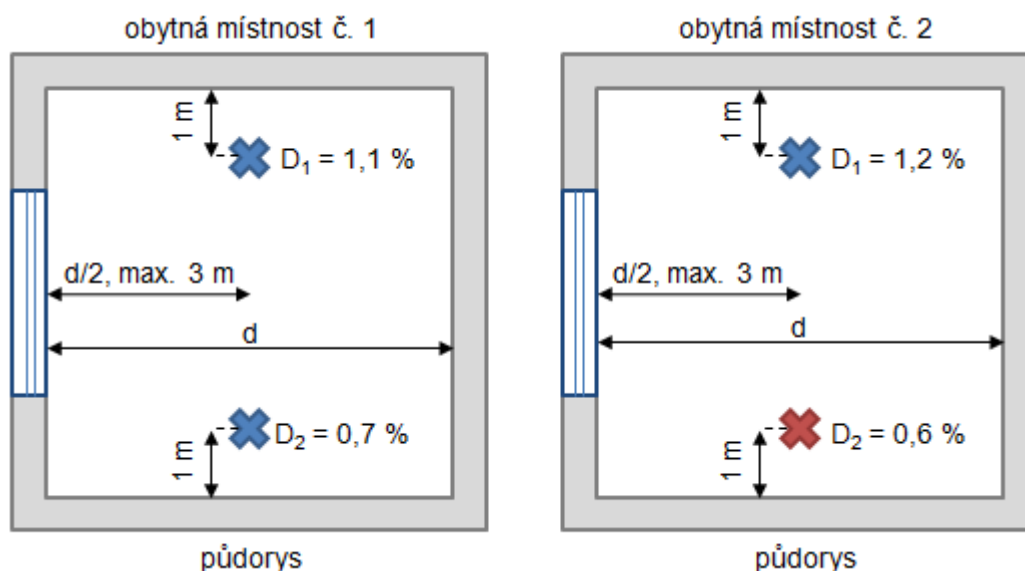
Při hodnocení denního osvětlení interiérů se posuzují tato hlediska: úroveň denního osvětlení, rovnoměrnost denního osvětlení, oslnění, rozložení světelného toku a převažující směr světla a výskyt dalších jevů, které ovlivňují zrakovou pohodu. [4]

Pro posouzení denního osvětlení obytných místností podle ČSN 73 0580-2 [5] se zjišťuje úroveň denního osvětlení, která se dle článku 4.1.7 normy ČSN 73 0580-1 [4] stanoví pomocí činitele denní osvětlenosti D . Jedná se o poměrnou veličinu, která se vypočte jako podíl osvětlenosti v kontrolním bodě E a osvětlenosti venkovní vodorovné nezacloněné roviny E_h . Platí vztah uvedený v článku 4.1.7 ČSN 73 0580-1 [4]:

$$D = \frac{E}{E_h} \times 100 \quad [\%]$$

Na základě znění článku 4.1.11 ČSN 73 0580-1 [4] se uvažuje, že kontrolní body uvnitř místnosti jsou umístěny v pravidelné síti na vodorovné srovnávací rovině, která se u obytných místností volí ve výšce 0,85 m nad podlahou. Vzdálenost krajních bodů od vnitřních povrchů stěn je stanovena na 1 m. [4]

V případě obytných místností se podle článku 3.2.2 ČSN 73 0580-2 [5] hodnotí činitel denní osvětlenosti ve dvou kontrolních bodech umístěných ve vzdálenosti 1 m od vnitřních povrchů bočních stěn místnosti v polovině hloubky místnosti, avšak vzdálenost kontrolních bodů od okenní stěny může být maximálně 3 m. Hodnota činitele denní osvětlenosti v každém z těchto kontrolních bodů musí být minimálně 0,7 % a průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti z obou kontrolních bodů musí být alespoň 0,9 %. V případě, že je místnost osvětlována okny ve dvou stýkajících se stěnách, stačí, když je požadavek na hodnotu činitele denní osvětlenosti splněn alespoň u jedné z obou dvojic kontrolních bodů. [5]



Obrázek č. 1: Příklad pro hodnocení denního osvětlení v obytných místnostech

Na obrázku č. 1 je znázorněn příklad dvou obytných místností osvětlovaných okny ve fasádě. Kontrolní body D_1 a D_2 jsou umístěny dle kritérií stanovených ČSN 73 0580-1 [4] a ČSN 73 0580-2 [5]. V místnosti č. 1 by byla úroveň denního osvětlení dle požadavků normy ČSN 73 0580-2 [5] vyhovující, protože hodnota činitele denní osvětlenosti v obou kontrolních bodech je alespoň 0,7 % a zároveň průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti z obou těchto

bodů je 0,9 %. Naopak v místnosti č. 2 úroveň denního osvětlení nevyhovuje normě ČSN 73 0580-2 [5]. Průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti z kontrolních bodů D_1 a D_2 je sice i v místnosti č. 2 rovna hodnotě 0,9 %, ale v kontrolním bodě D_2 je hodnota činitele denní osvětlenosti menší než normou ČSN 73 0580-2 [5] stanovená minimální hodnota 0,7 %.

U některých místností se hodnotí úroveň denního osvětlení pomocí průměrné hodnoty činitele denní osvětlenosti D_m , který se dle článku 4.3.2 ČSN 73 0580-1 [4] určí jako aritmetický průměr hodnot v kontrolních bodech zvolené pravidelné sítě na srovnávací rovině. Takovými místnostmi jsou: místnosti s horním denním světlem (tj. denní osvětlení osvětlovacími otvory ve střešní konstrukci budovy) a dále s kombinovaným denním světlem, u kterých je podíl horního osvětlení na průměrné hodnotě činitele denní osvětlenosti D_m roven nejméně jedné třetině [4]. Jsou-li tyto místnosti obytné, je v článku 3.2.1 ČSN 73 0580-2 [5] požadováno, aby průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti byla nejméně 2 %.

Dle článku 3.4.1 ČSN 73 0580-2 [5] nemusí být vyhovující denní osvětlení v prostoru pro vaření v bytě, protože tento prostor se nepovažuje za místo trvalého pobytu.

3 HODNOCENÍ DENNÍHO OSVĚTLENÍ OBYTNÝCH MÍSTNOSTÍ STÁVAJÍCÍCH STAVEB

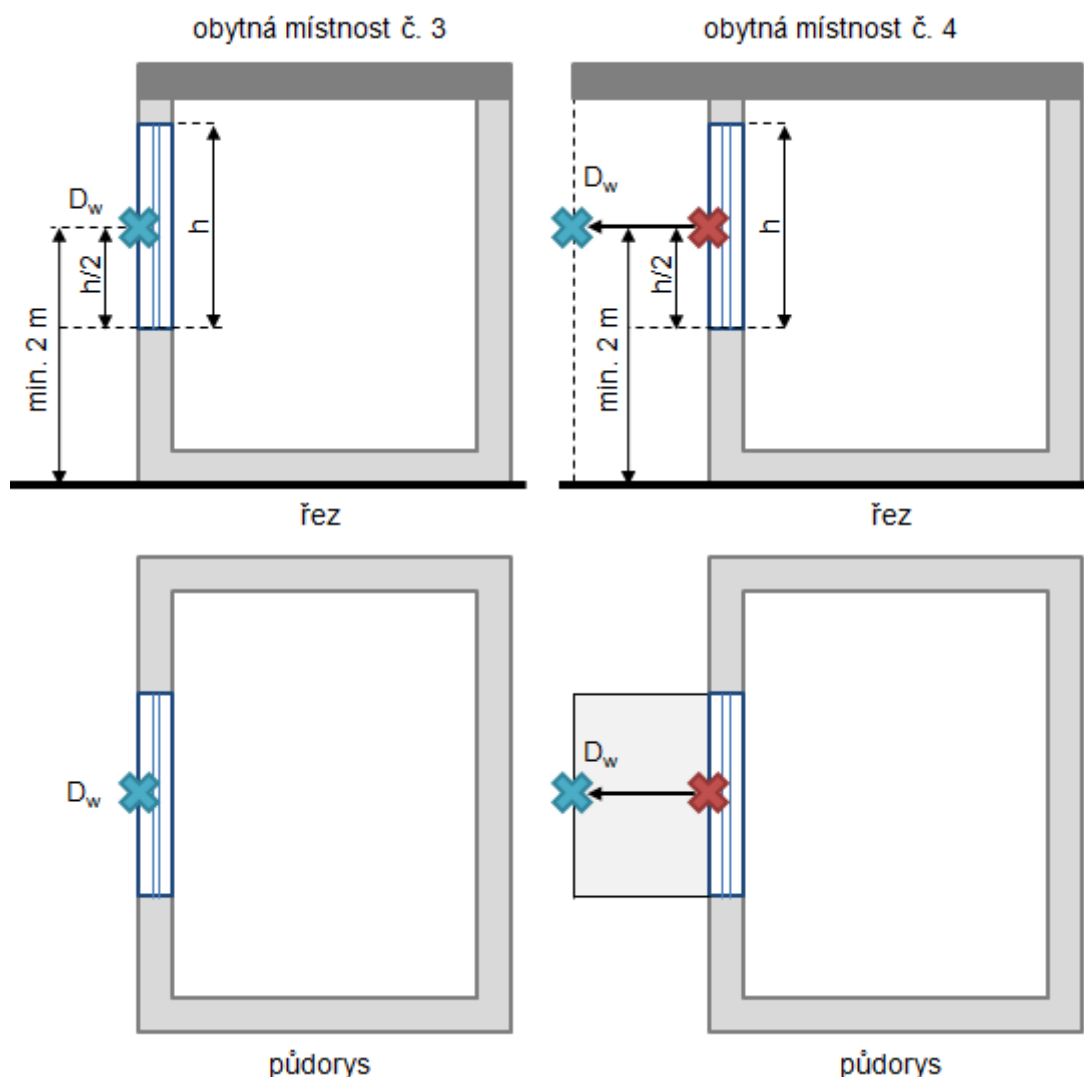
U stávajících staveb se na základě znění článku 3.5.1 ČSN 73 0580-2 [5] hodnotí venkovní stínění stávajících obytných místností novými stavbami nebo jejich novými částmi podle přílohy B normy ČSN 73 0580-1 [4]. V tomto případě se posuzuje míra zavinění případného nevyhovujícího stavu denního osvětlení venkovním stíněním, ale nikoliv úroveň denního osvětlení ve vnitřním prostoru ve vztahu k fyziologickým potřebám jeho uživatelů. Jako hodnotící kritérium se použije činitel denní osvětlenosti D_w roviny zasklení okna z vnější strany. [4]

Kontrolní bod pro stanovení činitele denní osvětlenosti D_w roviny zasklení okna z vnější strany se umístí dle článku B.2 ČSN 73 0580-1 [4]:

Kontrolní bod pro stanovení činitele denní osvětlenosti D_w (%) zasklení okna z vnější strany se volí v rovině vnějšího líce průčelí v ose okna v polovině jeho výšky, ale nejméně 2 m nad úrovní přilehlého terénu. Při větší šířce okna než 10 m je nutno toto okno rozdělit na dvě okna, z nichž každé má ve své ose kontrolní bod. Je-li před oknem stávající konstrukce, která předstupuje před průčelí stávajícího objektu (např. balkón, lodžie, arkýř, rizalit, pergola nebo technické zařízení – výtahová šachta, anténa), umístí se kontrolní bod v ose okna, a v uvedené výšce na svislou rovinu vedenou lícem vyložení takové konstrukce tak, aby se při stanovení činitele D_w (%) vyloučil vliv stínění touto stávající konstrukcí. Je-li stínění předstupující konstrukcí předmětem posouzení (například při posouzení návrhu takové konstrukce), umístí se kontrolní bod do roviny vnějšího líce průčelí a stínění touto konstrukcí se započítá. Při posuzování zastínění nezastavěných pozemků se kontrolní body volí ve výšce 2 m nad terénem v místech plánovaných průčelí budov, případně v místech uliční čáry. Směr plánovaných průčelí popř. směr uliční čáry pak udává polohu svislé roviny, která je v kontrolním bodě osvětlena.

Na obrázku č. 2 je znázorněno umístění kontrolního bodu pro stanovení hodnoty činitele denní osvětlenosti D_w zasklení okna z vnější strany pro případ, že

- před oknem není stávající konstrukce, která by předstupovala před průčelí stávajícího objektu (obytná místnost č. 3);
- před oknem je stávající konstrukce (balkon), která předstupuje před průčelí stávajícího objektu (obytná místnost č. 4).



Obrázek č. 2: Příklad umístění kontrolního bodu při stanovení činitele denní osvětlenosti D_w roviny zasklení okna z vnější strany

Minimální přípustná hodnota činitele denní osvětlenosti D_w roviny zasklení okna z vnější strany se stanoví pomocí zatřídění hodnocené místnosti do jedné ze čtyř kategorií podle tabulky B.1 uvedené v ČSN 73 0580-1 [4]. Obytné místnosti by bylo možné zařadit do kategorie 2, 3 nebo 4 dle tabulky B.1 v ČSN 73 0580-1 [4]. Pro kategorii 2 až 4 se normou [4] požadované minimální hodnoty činitele denní osvětlenosti D_w roviny zasklení okna z vnější strany pohybují od 32 % (běžné prostory s trvalým pobytem lidí) do 24 % (prostory s trvalým pobytem lidí v mimořádně stísněných podmínkách historických center měst).

Hodnocení pomocí činitele denní osvětlenosti D_w roviny zasklení okna z vnější strany se podle článku B.1 ČSN 73 0580-1 [4] nepoužije v případě obytných místností, kdy vnitřní prostor místnosti i po zastínění vyhoví požadavkům kapitoly 4 ČSN 73 0580-1 [4] a požadavkům ČSN 73 0580-2 [5].

Při doplňování stávající souvislé zástavby výstavbou v prolukách se uplatní § 12 odstavec 5 vyhlášky č. 268/2009 Sb. [1], kde je uvedeno:

Při doplňování stávající souvislé zástavby výstavbou v prolukách, popřípadě formou nástaveb a přístaveb, se posuzuje vliv na stínění okolních budov porovnáním se stavem při úplné souvislé zástavbě, zejména s výškovou úrovní zástavby a půdorysným rozsahem.

4 ZÁVĚR

Problematika denního osvětlení obytných místností je v České republice upravena ve vyhláškách č. 501/2006 Sb. [2], č. 268/2009 Sb. [1] a dále v českých technických normách ČSN 73 0580-1 [4] a ČSN 73 0580-2 [5]. Z předchozího textu vyplývá, že při hodnocení denního osvětlení je nutné rozlišovat mezi denním osvětlením v obytných místnostech nové výstavby a naopak vlivem nových staveb na obytné místnosti ve stávající zástavbě.

Použitá literatura

1. ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby. V platném znění k 15. 10. 2012.
2. ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území. V platném znění k 15. 10. 2012.
3. ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon č. 40/1964 Sb., občanský zákoník. V platném znění k 15. 10. 2012.
4. ČSN 73 0580-1. *Denní osvětlení budov – Část 1: Základní požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2007. Ve znění změny Z1 z ledna 2011.
5. ČSN 73 0580-2. *Denní osvětlení budov – Část 2: Denní osvětlení obytných budov*. Praha: Český normalizační institut, 2007.

Kontaktní údaje

Ing. Lenka Gábrová
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební
Veveří 331/95, 602 00 Brno
Tel: 541 148 116
email: gabrova.l@fce.vutbr.cz

DVOUPLÁŠŤOVÉ STŘECHY S MÍRNÝM SPÁDEM DO 20°

DOUBLE-LAYER ROOFS WITH SLOPE UP TO 20°

Sylvia Svobodová

Abstrakt

Tento příspěvek má tři hlavní části. První se zabývá obecnými zásadami návrhu větraných střech. Především vychází z normy ČSN 73 1901 Navrhování střech – Základní ustanovení. Druhá část definuje bezpečný sklon krytiny a popisuje vhodná opatření, není-li dodržen. Třetí část je zaměřená na nejčastější chyby, ke kterým dochází při návrzích a realizacích střech. Uvádí vhodná opatření a konstrukční řešení.

Klíčová slova: *dvouplášťová střecha, větraná střecha, střecha s mírným spádem, bezpečný sklon*

Abstract

This work is divided into three main parts. The first one deals about general principles in designing ventilated roofs, it proceeds from the norm ČSN 73 1901 Designing of roofs – Basic provisions. Second part defines the meaning of secure slope of the roof and describes suitable precautions, when it is not satisfied. The third part is focused on most frequent failures and mistakes by designing roofs and their realization and how to prevent it. It also shows suitable techniques and principles.

Key words: *double-layer roof, ventilated roof, roof with a slope up to 20°, secure slope*

1 ÚVOD

Střecha patří mezi nejexponovanější konstrukční části budovy. Je vystavena přímému působení vnějších vlivů. Svou kvalitou a spolehlivostí ovlivňuje funkčnost celého objektu. Od střechy se požaduje, aby odolávala všem vlivům vnějšího prostředí.

Na střechy jsou však kladeny ještě další požadavky. Jedná se o další funkce především plochých střech. Střechy se mohou navrhovat jako parkoviště, heliporty, sportovní hřiště, bazény nebo zahrady.

Z toho vyplývá, že zabezpečit všechny požadavky kladené na střechu je velmi obtížné. Ne vždy jsou tyto střechy dokonale navrženy a bezchybně provedeny. Proto často vznikají poruchy, jako je zatékání nebo zvýšená kondenzace. Tyto pak způsobují snížení tepelné izolační schopnosti střechy. To se projeví ve zvýšené spotřebě energie nutné pro vytápění. V létě naopak dochází k přehřívání podstřešních prostor. Může se ale projevit také výskytem plísní a dřevokazných hub.

2 VĚTRANÝ STŘEŠNÍ PLÁŠŤ

2.1 Co je cílem větrání

- odvádění nahromaděného tepla ze střešní skladby v létě

- vyvážení teploty ve střešním pláště v zimě, což způsobuje na zasněžené střeše rovnoměrné odtávání a zamezuje vzniku ledových bariér a skluzu ledových lavin ze střešních ploch
- odvádění pronikající vlhkosti z místností s mokřým provozem (kuchyně, koupelny)
- odvádění vnější vlhkosti proniklé střešní krytinou
- zabránění kondenzace páry na rubové straně krytiny

Chybí-li větrací systém, zůstává střešní plášť i celá konstrukce déle vlhká a jsou tak ohroženy všechny prvky konstrukce střechy (latě, kontralatě, krokve, krytina). Může tak být zkrácena životnost a narušena funkčnost celého střešního pláště.

2.2 Principy a účinnost větrání

Pohyb vzduch ve vzduchové mezeře se zajišťuje dvěma způsoby. Jednak využívá rozdílného tlaku na návětrné a závětrné straně budovy. Dále je proudění způsobeno rozdílnou objemovou hmotností přiváděného a odváděného vzduchu.

Účinnost větrání ve vzduchové vrstvě je ovlivněno celou řadou různých faktorů:

- sklonem horního střešního pláště
- půdorysnou plochou střechy
- objemem vzduchové vrstvy ve střešním pláště
- tvarem a velikostí větracích otvorů a jejich krytí
- výškovým rozdílem přiváděcích a odváděcích otvorů
- relativní vlhkostí vnitřního prostředí
- difúzním odporem dolního pláště
- konfigurací okolního terénu
- charakterem okolní zástavby

[2]

2.3 Plocha a umístění větracích otvorů

Velikost větracích otvorů pro přívod a odvod vzduchu závisí především na sklonu střechy, délce krokvi a difúzním odporu pojistné hydroizolace. Dimenze světlého průřezu vzduchové dutiny a větracích otvorů se ověřuje tepelně technickým výpočtem. Pro předběžný návrh lze užít empirických hodnot dle normy ČSN 73 1901. Přiváděcí otvory by měly mít velikost alespoň 1/200 plochy střechy a odváděcí otvory by měly být ještě o 10% větší. Počítá se s čistou plochou otvorů, proto se musí odečíst plocha krycí mřížky. Výšku vzduchové mezery nutno uvažovat alespoň 20 mm. Není dobré navrhovat málo větších otvorů, ale snahou je vytvořit pokud možno průběžné šterbiny.

Přiváděcí otvory je vhodné umisťovat těsně nad tepelnou izolaci spodního pláště. Odváděcí otvory co nejvýše pod horní střešní plášť. Střechu můžeme řešit jako pultovou, je-li vzdálenost přiváděcích a odváděcích otvorů max. 10m. Jinak se řeší jako sedlová střecha s nasávacími otvory po obvodu a výdechovými ve hřebeni. Důležité je použití krycích mřížek, sítěk nebo žaluzií proti vniknutí letícího sněhu, hnaného deště, ptáků, hmyzu, atd. [1]

výška budovy	výška větracího prostoru	volný průřez prostoru
do 6 m	20 mm	200 cm ² /m
6 m až 22 m	30 mm	300 cm ² /m
přes 22 m	40 mm	400 cm ² /m

Tab. 1 – Požadavky na dimenzi větrané vrstvy

2.4 Výhody a nevýhody

Dvouplášťové střechy s větranou vzduchovou mezerou mají řadu výhod. Je to vhodná střešní konstrukce pro budovy s vysokou relativní vlhkostí vnitřního prostředí. Rychlá a suchá montáž ve všech ročních obdobích. Vzduchová mezera účinně tlumí kolísání teplot v interiéru v létě a vyrovnává teploty ve střešním plášti v zimě. V nezbytném případě mohou být zabudovány i navlhle materiály, protože rychle vyschnou. Prodlužuje životnost krytiny.

Mezi nevýhody patří její vyšší cenová náročnost oproti nevětrané variantě. Dále je třeba počítat s tím, že výsledná tloušťka střešní skladby je o něco větší, což je nutné zohlednit i v architektonickém návrhu. Koncepční a realizační chyby lze odstranit jen za cenu vysokých nákladů.

3 ŠIKMÉ STŘECHY SE ZVÝŠENÝMI POŽADAVKY

Skládané krytiny odvádí srážkovou vodu s povrchu střechy, nejsou však těsné proti vodě působící hydrostatickým tlakem. Odvod vody je zajištěn předepsaným minimálním sklonem střechy, tzv. bezpečný sklon. Pro každý druh krytiny je jiný a liší se i typem. Hodnoty uvádí výrobci v technických podkladech.

Navrhujeme-li střešní plášť v menším sklonu než je minimální bezpečný sklon krytiny, musíme provést jistá opatření, aby nedocházelo k zatékání srážkové vody do skladby střechy. Výběr správného typu pojistné hydroizolace závisí především na sklonu střechy a dalších zvýšených požadavcích na ní kladených. Řídí se pravidly CKPT (Cech klempířů, pokrývačů a tesařů).

sklon střechy	žádný ZP	1 ZP	2 ZP	3 ZP
větší než BSS	–	PHI 1	PHI 1	PHI 2A
větší než (BSS – 6°)	PHI 1	PHI 1	PHI 2A (B)	PHI 2C
větší než (BSS – 10°)	PHI 3A	PHI 3A	PHI 3A	PHI 3B
menší než (BSS – 10°)	PHI 3A	PHI 3B	PHI 3B	PHI 3B

Tab. 2 – Požadavky na stupeň PHI

Zvýšenými požadavky (ZP) se rozumí konstrukční zvláštnosti (např. složitý tvar střechy), využívání podkroví, klimatické poměry, místní podmínky (památková ochrana, nařízení úřadů).

3.1 Typy pojistných hydroizolací

PHI 1.stupně

Užívá se bezkontaktní fólie, která je volně napnutá mezi krokvy, tím vzniká 3-plášťová střecha. Přesahy fólie jsou minimálně 100mm bez vzájemného slepení. Fólie je ukončena cca 50mm pod vrcholovým průsečíkem krokví z každé strany.

PHI 2.stupně, třídy A

Pojistná hydroizolace je tvořena kontaktní fólií položenou na bednění nebo tepelné izolaci. Přesahy jsou volně přeložené v min. šíři 100mm.

PHI 2.stupně, třídy B

Pojistná hydroizolace je tvořena asfaltovým pasem na pevném podkladu – bednění. Přesahy jsou volně přeložené v min. šíři 80mm.

PHI 2.stupně, třídy C

Pojistná hydroizolace je tvořena kontaktní fólií položenou na bednění nebo tepelné izolaci. Jedná se o stejné řešení jako PHI 2A, pouze s rozdílem, že přesahy jsou vodotěsně spojeny, např. oboustranně lepicí páskou.

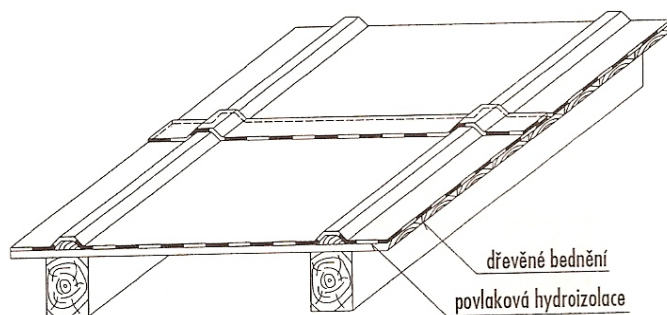
PHI 3.stupně, třídy A

Tento typ opatření je nazýván **těsné podstřeší**. PHI je tvořena kontaktní fólií nebo asfaltovým pásem s vodotěsnými přesahy. Vždy je položena na bednění. Navíc jsou pod kontralatěmi umístěny těsnící podložky.

PHI 3.stupně, třídy B

Nazývá se také **vodotěsné podstřeší**. Je to nejvyšší stupeň možného zabezpečení u šikmých střech. Vodotěsnost pojistné hydroizolace je na takové úrovni, že krytina plní funkci pouze dekorační. PHI je tvořena povlakovou krytinou probíhající přes kontralatě lichoběžníkového tvaru, tvořící náběhy. Pro bednění se užívá nenavlhavých materiálů, jako je vodovzdorná překližka, OSB desky, cementotřískové desky, apod.

V případech, kdy pojistná hydroizolace má pouze přeložené spoje, bez vzájemného slepení, nelze vyloučit průnik hnaného deště či větru pod PHI. To samé platí u střech s vyšším stupněm těsnosti, pokud je střecha 3-plášťová.



Obr.19 – Vodotěsné podstřeší v axonometrii [2]

4 NEJČASTĚJŠÍ CHYBY V NÁVRZÍCH A PROVEDENÍ

Konstrukce střešního pláště a správná kombinace jeho vrstev je poměrně náročná na kvalitu zpracování. Z hlediska stavební fyziky je tlakově značně namáhanou konstrukcí a chyby vzniklé při jejím budování se jen velmi těžko odstraňují, nehledě na vysoké finanční náklady s tím spojené. Navíc při opravě musí ve většině případů obyvatelé podkrovní byt opustit, což rozhodně není příjemné.

4.1 Volba správné pojistné hydroizolace

Na trhu se stavebními materiály je celá řada značek a typů pojistných hydroizolací. Hlavním hlediskem při rozhodování je navržený sklon střechy a typ krytiny. Dále se rozhodneme má-li být střešní konstrukce bedněná či bez bednění, bude-li podkrovní prostor využíván k bydlení. A v neposlední řadě také složitost střešní konstrukce a případný vliv lokálních klimatických poměrů. Z toho odvodíme požadavky na stupeň těsnosti podstřeší a zvolíme nejvhodnější druh fólie nebo povlakové krytiny a způsob zabudování.

4.2 Zpracování prostupujících konstrukcí

Poté co jsme zvolili správný typ pojistné hydroizolace, se zaměříme na jednotlivé detaily, při nichž se nejčastěji chybí. Jsou to například oblast kolem střešních oken, komínového tělesa

nebo ventilačního potrubí. Základ úspěšného řešení vodotěsného napojení na konstrukční prostupy spočívá ve správném rozříznutí pojistné hydroizolace a jejím vytažení na prostup. Pro dosažení dokonalé těsnosti napojení použijeme lepicí a těsnicí pásy a tmely. Díky nim rovněž můžeme opravit poškození vzniklá při pokládce nebo přelepit přesahy jednotlivých pásů a tím zvýšit stupeň těsnosti.

4.3 Konstrukce hřebene

Dalším místem častého chybování je konstrukce hřebene. Zde je důležité předem vědět, zda konstrukci šikmé střechy vyplníme tepelnou izolací až do vrcholu hřebene nebo provedeme izolační strop v úrovni kleštin. V prvním případě je nutné přeložit pojistnou hydroizolaci přes vrchol hřebene. Výhoda spočívá v odolnosti proti zafoukáním vody, sněhu a prachu do konstrukce. V případě, že budujeme izolační strop, nad kleštinami vznikne volný, tepelně neizolovaný prostor, který musíme odvětrat. To buď přerušením pojistné hydroizolační vrstvy ve hřebeni nebo dostatečným příčným větráním (větrací otvory ve štítových stěnách) nebo větráním nuceným (ventilátor v kombinaci s čidlem pro kontrolu zvýšené vlhkosti).

4.4 Dostatečné odvětrání

Pro dobrou funkčnost střešního souvrství musíme dodržet předepsané zásady pro odvětrání všech krokových polí v celé jejich délce a šířce. Vzduchová vrstva musí být aktivně napojena na vnější ovzduší přívaděcími a odváděcími otvory. Velmi často je opomíjeno odvětrání v úžlabí a nároží. Výhodou použití difuzně otevřených materiálů je rychlejší pokládka a bezpečnější řešení detailů.

4.5 Provizorní hydroizolace

Před položením krytiny slouží pojistná hydroizolační vrstva provizorně jako hlavní hydroizolace. Je ale přesto vhodné dokončit krytinu co nejdříve. Za extrémních povětrnostních podmínek může dojít k zafoukání vody pod pojistnou hydroizolaci. Do konstrukce může také proniknout voda hřebenem, úžlabím, nárožím nebo perforací vzniklou kotvením kontralatí. Přestože pojistné hydroizolace bývají stabilizovány proti vlivům UV záření, je lépe je jím dlouho nevystavovat.

4.6 Parotěsné zábrany, jejich správné použití a umístění

Aby střešní plášť spolehlivě a trvale plnil svou funkci, je chráněn před vnitřními vlivy vhodně zvolenou parotěsnou zábranou. Je důležité ji správně zkombinovat s pojistnou hydroizolací. Parozábranu lze umístit na spodní stranu krokví nebo na konstrukci pro ukotvení obkladu interiéru nebo nad krokve, v případě že krov bude v interiéru přiznaný.

Umístíme-li ji na krokve ze spodní strany, vytvoří se nám montážní spára mezi vzduchotěsnou vrstvou a interiérovým obkladem. Využít ji můžeme například pro vedení elektroinstalací nebo k umístění části tepelné izolace, která odbourá tepelné mosty přes krokve. Nesmí být větší než 20% celkové tloušťky tepelné izolace. Vzduchotěsnost spoju provedeme oboustranně nebo jednostranně lepicími páskami. Napojení těsníci tmely, páskami a manžetami na ostatní stavební a prostupující konstrukce, jako jsou štítové zdi, půdní nadezdívky, komínová tělesa, střešní okna, odvětrávací potrubí, anténní průchodky, atd.

Vzduchotěsnou vrstvu umístíme na konstrukci pro interiérový obklad pomocí oboustranně lepicí pásy. Těsnění prostupů stejně jako u předchozího. Hrozí poškození vlivem dodatečně tvořených prostupů, např. osazení bodových světel, dodatečné vedení instalací, dodatečná montáž elektrických zásuvek, atd. Poškození tohoto charakteru bývají velmi častá, vyžadují místní dotěsnění. Při kotvení interiérového obkladu, se poškození obávat nemusíme. Sice se

fólie naruší kotvícími prvky, ale perforovaná místa jsou uzavřena mezi dvěma k sobě přitaženými plochami, např. sádrokartonová deska ke kovovému profilu. Na funkčnost střešního pláště nemají významnější vliv.

[3], [4]

5 ZÁVĚR

Bezpečná a dlouhodobá funkčnost tohoto typu střešních konstrukcí je závislá na správné volbě a bezchybném provedení jak pojistné hydroizolace, tak parotěsné vrstvy. Úspory na materiálu či na jeho systémových doplňcích se nevyplácejí. Případné konstrukční chyby pokládky se jen velmi těžko vyhledávají a opravují. Dále je třeba připomenout, že podle viditelných projevů závad na obkladu interiéru nelze zcela bezpečně určit místo ani druh poškození. Náklady na odstranění chyb provedení ve většině případů mnohonásobně převyšují rozdíl pořizovací hodnoty mezi kvalitním a nekvalitním materiálem i úsporu za systémové doplňky a řádně provedené řemeslné zpracování.

Není příliš výhodné navrhovat střechy se skládanou krytinou ve sklonu menším než je bezpečný sklon, protože mají vyšší nároky na bezchybnost návrhu a provedení střešní skladby a spojů, než u střech větším spádem. V případech, kdy jsou spoje pojistné hydroizolace vodotěsně spojeny a pod touto vrstvou není větraná vzduchová dutina, může docházet ke hromadění vodní páry ve střešní skladbě a její kondenzaci na rubu povlakové krytiny, pokud správně nefunguje parotěsná vrstva. To značně sníží tepelně izolační vlastnosti souvrství a též může způsobit degradaci dřevěných prvků.

Dvouplášťové střechy je vhodné navrhovat na objektech s velkým vývinem par, jako například kryté bazény, zemědělské a průmyslové stavby. Co se týče bytové výstavby nebo rodinných domů, dá se též využít kladných vlastností větraných střech. Především zmírnění teplotních extrémů v létě. Musíme však počítat s vyšší konstrukční výškou střechy a z estetické stránky doladit s celkovým vzhledem stavby.

Použitá literatura

1. ČSN 73 1901 Navrhování střech – Základní ustanovení
2. FAJKOŠ, A., NOVOTNÝ, M. *Střechy, základní konstrukce*. Praha: Grada Publishing a.s., 2003. ISBN 80-247-0681-4
3. FAJKOŠ, A., NOVOTNÝ, M., STRAKA, B. *Střechy I – Opravy a rekonstrukce*. Praha: Grada Publishing a.s., 2000. ISBN 80-7169-825-3
4. KUPILÍK, V., *Střechy*. Praha: Stavební informační agentura s.r.o, 1997. ISBN 80-58380-42-0

Kontaktní údaje

Ing. Sylvia Svobodová
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební
Veveří 95, 602 00 Brno
Tel: 721 095 771
email: SylviaSvobodova@seznam.cz

ISBN 978-80-905243-1-6
ETTN 040-12-12015-10-8

vol. III, 2012

Příspěvky publikované v tomto sborníku vyjadřují názory a stanoviska nezávislých autorů. | Papers published in this conference proceedings express the viewpoints of their independent authors.

Tato publikace neprošla redakční ani jazykovou úpravou.

