www.briainvenia.sk

Buildustry

Číslo: 2/2020 Ročník: IV ISSN: 2454-0382 Vyšlo: 14.12.2020 Vydáva: Bria Invenia, s.r.o.

Téma: Pozemné stavby - Udržateľnosť a efektívne postupy vo výstavbe a správe

COVID 19 a jeho dopad na stavebníctvo

BIM v detekcii kolízií a v posudzovaní životného cyklu a Prevádzkový poriadok

Tieneníe

Melanoleptické osvetlenie interiéru

Vegetačné strechy

Stavebno-technické posúdenia

Audit odpadu

Medzilaboratórne porovnávanie

Betónové konštrukcie

Kaštieľ v Dolnej Mičinej

Tmely pre sklocementové materiály

Bezpečnosť kabíny nakladačov

ISSN 2454-0382 20202
9 772454 038007

OBSAH:

- Editoriál - Príhovor
- Stavebný trh
  Ako COVID-19 ovplyvnil stavebníctvo?
- Manažment
  Analýza procesu detekcie kolízii v projektovom cykle vo vzťahu k objemu práce a pracovných činností BIM koordinátora

  Posuzování životního cyklu založeného na BIM pro zajištění udržitelného rozvoje: rešerše datových struktur

  Prevádzkový poriadok—plán užívania budov
- Stavebníctvo a udržateľný rozvoj
  Vplyv tieniacich prvkov na potrebu energie na chladenie

  Melanopická osvetlenosť vnútorného prostredia budov

  Stavebno-technické posúdenia – o úroveň vyššie!

  Vegetačné strechy nad kolísavým vnútorným prostredím (zimné štadióny)

  Audit odpadu z hľadiska zeleného hospodárstva
- R&D
  Medzilaboratórne porovnávanie v rámci akreditácie podľa ISO/IEC 17 025

  Vnútorné ošetrovanie – Vývoj pevností a objemových zmien & Vývoj pevností
- Hrubá stavba
  Modely porušovania betónových stavieb pri environmentálnom zaťažení

  Spoje betónových prefabrikovaných konštrukcií

  Čiastkové zhodnotenie stavebno-technického stavu NKP—kaštieľ Benických, Dolná Mičina
- Dokončovacie práce
  Porovnání běžných tmelů vhodných pro tmelení sklocementových podkladů
- Stavebné stroje
  Verifikácia bezpečnosti kabín nakladačov riadených preklzom kolies

CONTENTS:

- Editorial
- Construction market
  How the COVID-19 affected the construction?
- Management
  Analysis of the process of clash detection during the project cycle in relation to the volume of work and tasks of the BIM coordinator

  BIM-based life-cycle asessment for ensure sustainable development: a data structures review

  Operating rules—the plan for the use of the building
- Construction and sustainable development
  Influence of shading elements on the energy need for cooling

  Melanopic illuminance of the indoor environment of buildings

  The construction-technical assessment – level up !

  Vegetation roof over fluctuating indoor environments (winter stadiums)

  Waste audit in the view of a green management
- R&D
  The proficiency testing in accordance with accreditation by ISO/IEC 17025

  Internal curing – strength and volume changes development & strength development
- Main structure
  Models for failure of concrete structures under environmental loads

  Connections of concrete precast structures

  Partial evaluation of the construction—technical state of the Benicky's manor house, Dolná Mičina
- Completition works
  Collation of common sealants suitable for sealing glass-cement backgrounds
- Construction Equipment
  Skid steers loaders cabin safety verification

Buildustry

Vedecko-odborný recenzovaný časopis publikujúci články v jazykoch:
- Slovenčina
- Čeština
- English
- Français

Ročník: IV
Číslo: 2
Vychádza: 2 x ročne
Vyšlo: 14.12.2020

Vydáva:
Bria Invenia, s.r.o.
Poštová 11
972 26 Nitrianske Rudno
Slovenská republika
www.briainvenia.sk

Redakcia:
Bria Invenia, s.r.o.
Poštová 11
972 26 Nitrianske Rudno
Slovenská republika
Tel: +421 948 429 981
E-mail: buildustry@briainvenia.sk

Inzercia:
Ing. Jana Briatková Olšová
Tel: +421 904 591 511
E-mail: olsova@briainvenia.sk

Grafika:
Ing. Roman Briatka
Tel: +421 948 429 981
E-mail: buildustry@briainvenia.sk

Náklad: Online
ISSN: 2454-0382
EAN: 977245403800720202

Upozornenia:
Odborné a vedecké články prešli recenziami nezávislých recenzentov.

Uverejnené články neprešli jazykovou úpravou. Za ich znenie a správnosť zodpovedajú autori.

Názory a stanoviská uverejnené v článkoch nereprezentujú názory a stanoviská redakcie.

Vydavateľstvo nemá právnu zodpovednosť za obsah inzercie.

Kopírovanie alebo rozmnožovanie ktorejkoľvek časti časopisu sa povoľuje výhradne s písomným súhlasom vydavateľstva.

Fotografie a obrázky, ak nie je uvedené inak, sú vlastníctvom autorov. Vydavateľstvo nezodpovedá za prípadné porušenie autorských práv tretích osôb.

Fotografia na titulke: www.unsplash.com

Redakčná rada:
- Dr. Peter BRIATKA, MBA., COLAS Slovakia, Košice
- Ing. Jana BRIATKOVÁ OLŠOVÁ, Bria Invenia, Nitr. Rudno
- doc. Ing. Katarína BAČOVÁ, PhD.SvF STU, Bratislava
- Ing. Marek ĎUBEK, PhD., SvF STU, Bratislava
- Ing. Silvia ĎUBEK, PhD., SvF STU, Bratislava
- Ing. Juraj NAGY, CSc., Ústav stavebnej ekonomiky, s.r.o., Bratislava
- Ing. Lucia PAULOVIČOVÁ, PhD., SvF STU, Bratislava
- doc. Ing. Peter PAULÍK, PhD., SvF STU, Bratislava
- Ing. Martin MATUŠOVIČ, PhD., FPM EU, Bratislava
- Ing. Daniel GABONA, VVS, a.s.,
- doc. Ing. Vít MOTYČKA, CSc., FAST VUT, Brno (CZ)
- Ing. Barbora KOVÁŘOVÁ, PhD., Stavební úřad, Brno (CZ)
- Dr. Elżbieta RADZISZEWSKA – ZIELINA, Cracow University of Technology, Cracow (PL)
- Ing. Michal NOVOTNÝ, PhD., FAST VUT, Brno (CZ)
- Prof. Ing. Ladislav GULAN, PhD., SjF STU, Bratislava

Vedecká rada:
- prof. Ing. Jozef GASPARÍK, PhD., SvF STU, Bratislava
- doc. Ing. Peter MAKÝŠ, PhD., SvF STU, Bratislava
- Dr. Peter BRIATKA, MBA., COLAS Slovakia, Košice
- doc. Ing. Rastislav INGELI, PhD., SvF STU, Bratislava
- Ing. Jana BENDŽALOVÁ, PhD., ENBEE, s.r.o., Bratislava
- prof. Ing. Bohuslava MIHALČOVÁ, PhD., EUR ING., PHF EU, Košice
- JUDr. Ing. Lujza JURKOVIČOVÁ, PhD., OF EU, Bratislava
- Dr. Julien VAN ROMPU, Eiffage route,Vélizy-Villacoublay (FR)
- prof. Nikolai I. VATIN, State Polytechnical University, Saint-Petersburg (RU)
- prof. Károly JÁRMAI, University of Miskolc, Miskolc (HU)
- Ing. Barbora KOVÁŘOVÁ, Stavební úřad, Brno (CZ)

Editoriál

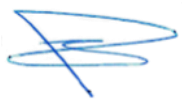
Editorial

Vážení čitatelia,

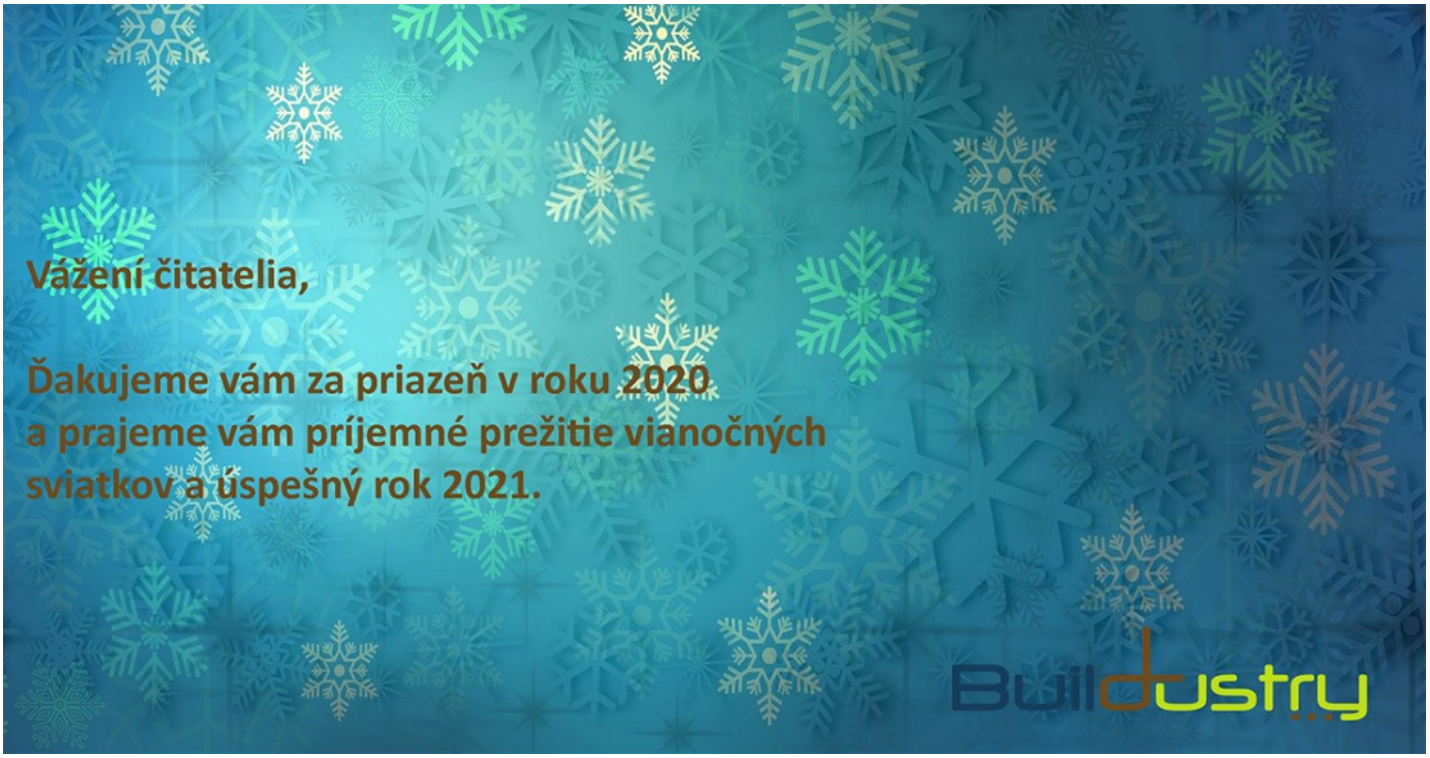
Druhé tohtoročné vydanie Buildustry je na svete – lepši povedané v binárnej sústave virtuálneho sveta. Týmto jedenástym vydaním sme zavŕšili štvrtý rok života časopisu. Pomerne úzko sa v ňom venujeme riadeniu stavebníctva a využívaniu nástrojov v rámci BIM počas výstavby a neskôr počas prevádzky – vo facility managemente. Druhou pomerne obsiahlou oblasťou je udržateľnosť, jednak z hľadiska vplyvu tienenia na spotrebu energie na chladenie, dôležitosti návrhu osvetlenia interiéru, významu vegetačných striech, ale aj z pohľadu vzniku a nakladania s odpadmi počas rekonštrukcie alebo asanácie stavieb, resp. ako správne postupovať pri stavebnotechnických prieskumoch. Materiály, ich skúšanie v laboratóriách sa v tomto čísle stručne venuje vnútornému, tzv. samoošetrovaniu cementových kompozitov a organizovaniu medzilaboratórnych porovnávaní. Svoje miesto si tu našli aj články venované betónovým konštrukciám vystaveným agresívnym vplyvom a spojom betónových konštrukcií. Mimo týchto „mainstreemových“ tém sa dočítate aj o stave národnej kultúrnej pamiatky – Kaštieľa Benických v Dolnej Mičinej alebo o bezpečnosti kabín tzv. UNC-čiek.

Takto sa Vám prihováram dvakrát za rok v lete (kedy zvyčajne avizujem a prajem peknú dovolenku) a pred Vianocami (kedy bilancujem rok - asi ako každý z nás). Priznávam, pozrel som si predchádzajúce editoriály, aby som neskĺzol k opakovaniu sa... To jediné v tomto roku snáď nehrozí. Mali sme tu všetko - výmenu vlády, núdzový stav „vyhlásenú“ pandémiu, vyhlásenia, demencie vyhlásení, tlačové konferencie o vyhlásení tlačových konferencií, tlačové konferencie o vyhlásení nariadení, odvolania nariadení, odvolania odvolaní a nariadenia nariadeného. Opätovné vyhlásenie núdzového stavu, žabomyšie vojny a kadečo iné, na čo čas dozrieval už veľmi dlho... Ako sa hovorí. Vo februári sme hodili kockami a teraz nám ostáva už len sledovať ako nás to ovplyvní. Z hospodárskeho hľadiska, sa rozhodnutia zatiaľ najhoršie podpisujú na cestovnom ruchu, gastro službách, kultúre (organizovanie kultúrnych podujatí) a pod. Stavebníctvo (v nepriamej súvislosti) tiež hlási rekordné medziročné a medzikvartálne prepady, najviac v inžinierskom staviteľstve. Zatiaľ stavebníctvo ešte ťahá rezidenčná výstavba podporovaná rekordne nízkymi úrokovými sadzbami a dostupnosťou hypoték. Ako sa hovorí, na všetkom zlom je aj niečo dobré, a čo poviem ďalej, mám z vlastnej skúsenosti. Školstvo bolo prinútené zo dňa na deň prejsť do online priestoru. Zrazu sa dá robiť dištančná výuka aj skúšky, štátnice a obhajoby záverečných prác. Potvrdenia, papiere a tlačivá, ktoré počas dlhých rokov museli byť podané osobne, navyše podpísané vlastnou krvou (vo svite mesiaca) sa zrazu dajú zaslať elektronicky. Porady a mítingy, na ktoré sa cestovalo cez celú republiku sa začali odohrávať z pohodlia kancelárií. Kancelárie sa v niektorých prípadoch presunuli do domácich pracovní, obývačiek, na terasy rodinných domov alebo balkóny... Nepredstaviteľné sa stalo bežnou realitou. Potvrdilo sa, že zmena sa udeje vtedy keď je nevyhnutná. Na túto zmenu šikovnejší z nás zareagovali a prejavila sa aj v dopyte po komerčných administratívnych nehnuteľnostiach. Firmy začali vo väčšej miere uvažovať s prácou z domu, a na svoju bežnú prevádzku zrazu potrebujú menšiu plochu...

Všetko zlé je aj na niečo dobré. Šikovní hľadajú príležitosti a úspešní ich aj využijú. Do ďalšieho roka Vám prajem pevné zdravie (nie kvôli obavám z COVID-19), pevné nervy (nielen kvôli vláde) a hlavne, aby ste boli šikovní a úspešní. Boli sme svedkami, že situácia sa ziskovým podnikom môže kedykoľvek zmeniť...



Peter Briatka



Ako COVID-19 ovplyvnil stavebníctvo?

How the COVID-19 Affected the Construction?

Aj keď predpovede o druhej vlne hovorili, akosi sme v lete dúfali, že COVID-19 je za nami a môžeme sa plne sústrediť na rekonvalescenciu z prvého úderu. Zrejme to také jednoduché nebude. Práve teraz, keď píšeme tento článok sa ekonomiky EÚ spomaľujú a nám ostáva len očakávať ako to ovplyvní slovenský export a následne aj dopyt po tovaroch a službách na Slovensku. To má priamu súvislosť so všetkými súkromnými zákazkami v stavebníctve. Na pomoc môže prísť štát s podporou verejných projektov v oblasti infraštruktúry, urbanizmu a environmentálnych tém. Pozrime sa ako COVID-19 zasiahol stavebné spoločnosti a čo očakávajú v budúcnosti.

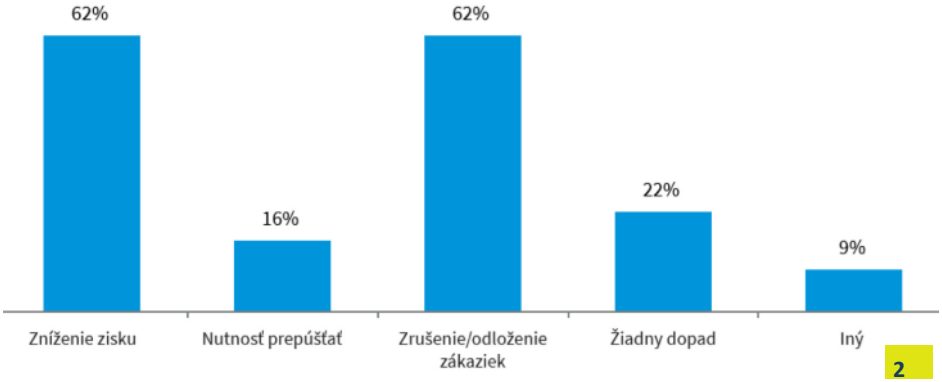
Kľúčové slová:
Hospodárstvo, Pokles, Vývoj, Stavebníctvo, Prieskum

Regardless the forecatsed 2nd wave, we all hoped that the COVID-19 is over and we could focus on „convalescence“ from the first shock. Obviously, it will not be as easy. Right now, when we prepare this article, the EU economies slow down. We only can wait how it affects the export of Slovak republic and subsequently also demand on goods and services in Slovakia. That isdirectly linked with all private contracts in constuction. A hand may be provided by the State through incentives to public projects in infrastructure, urbanism and environmental field. Let´s see how the COVID-19 affected the construction companies and what they expect in future.

Key words:
Economy, Fall, Evolution, Construction, Research

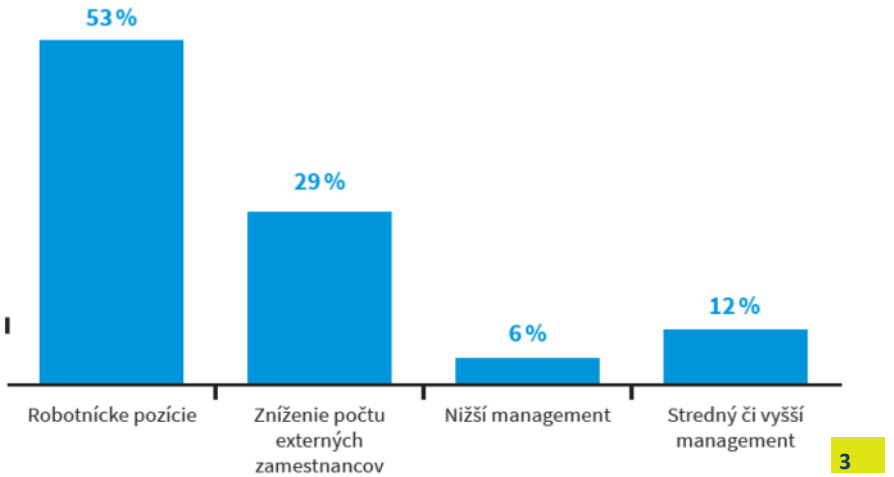
Ako sa koronakríza podpísala na stavebných spoločnostiach?

Koronakrízu pociťujú stavebné spoločnosti na Slovensku najmä na svojich zákazkách, ktoré sa rušia alebo odkladajú. Firmám to znížilo zisk až o 28 %. Takmer pätina podnikov bola nútená aj prepúšťať (16 %), pričom najviac sa prepúšťanie týkalo robotníckych miest (53 %). Hlavným dôvodom prepúšťania bolo predovšetkým očakávanie nižšieho objemu práce (76 %). Vyplýva to z analýzy slovenského stavebníctva za druhý polrok 2020 spracovanej spoločnosťou CEEC Research v spolupráci s Považskou cementárňou Ladce.



V dôsledku koronakrízy mnohé stavebné podniky čelili viacerým problémom. Aanalýza CEEC Research sa zaoberala tým, aké komplikácie sa pre túto výnimočnú situáciu objavili. Pre šiestich z desiatich respondentov (62 %) pandémia a kríza priniesla zrušenie či odloženie zákazky a s tým spojené zníženie zisku celej firmy. Pozitívnou správou však je, že viac ako pätina oslovených subjektov žiadnym problémom nečelila (22 %).

Do situácie, keď stavebné spoločnosti boli nútené prepúšťať, sa dostalo 16 % z nich.



Podniky tiež čelili iným problémom, medzi ktoré patrí napríklad spomalenie obstarávaní, uzatvorenie hraníc a s tým spojené obchodné problémy, ako aj spomalenie pracovnej činnosti (9 %). Spoločnosti sa často tiež dokázali s rozličnými opatreniami vyrovnať úspešne. Niektoré spoločnosti sa rozhodli, že práce na žiadnom projekte nezastavia, a zabezpečili pre svojich pracovníkov všetky ochranné prostriedky, zaviedli napríklad skrátené turnusy tak, aby sa nielen na stavbách ani na centrále firmy jednotlivé skupiny pracovníkov nestretávali. Viacerým firmám sa podarilo priamemu kontaktu s týmto vírusom vyhnúť, ale len za cenu zvýšených nákladov.

Firmám, ktorým sa znížil zisk, zaznamenali pokles priemerne až o 28 %. Podniky, ktoré znášali rušenie zákaziek vinou koronakrízy, uvádzajú, že išlo v priemere o 27 % objednávok. Spoločnosti, ktoré sa stretli s odložením realizácie zákazky, uvádzajú, že to bolo priemerne 29 % všetkých ich kontraktov. Podniky, ktoré boli nútené prepúšťať, uvádzajú, že prepustili v priemere 24 % svojich zamestnancov. Z polovice išlo o robotnícke profesie (53 %), bezmála tretina firiem však siahla po zredukovaní počtu externých pracovníkov. Ďalšia desatina prepúšťala vyšší či stredný manažment (12 %) a najmenej z oslovených prepúšťala nižší manažment (6 %).

Spoločnosti prepúšťali najmä preto, že očakávajú do budúcnosti nižšiu vyťaženosť a s tým spojený nižší objem práce (76 %). Dva podniky z troch boli nútené prepúšťať z finančných dôvodov (65 %), viac ako desatina respondentov sa priklonila k reštrukturalizácii firmy (12 %).

Čo sa očakáva v stavebníctve?

Výkon stavebníctva na Slovensku klesne tento rok o 4,4 %. Väčší útlm očakáva inžinierske staviteľstvo, a to o 6,2 %. Vzhľadom na terajší vývoj v súvislosti s pandémiou koronavírusu sú pesimistickejšie veľké stavebné podniky, ktoré v tomto roku predpokladajú ochabnutie trhu až o 5,7 %. V budúcom roku by stavebníctvo SR podľa riaditeľov stavebných firiem malo klesnúť o 1,1 %.

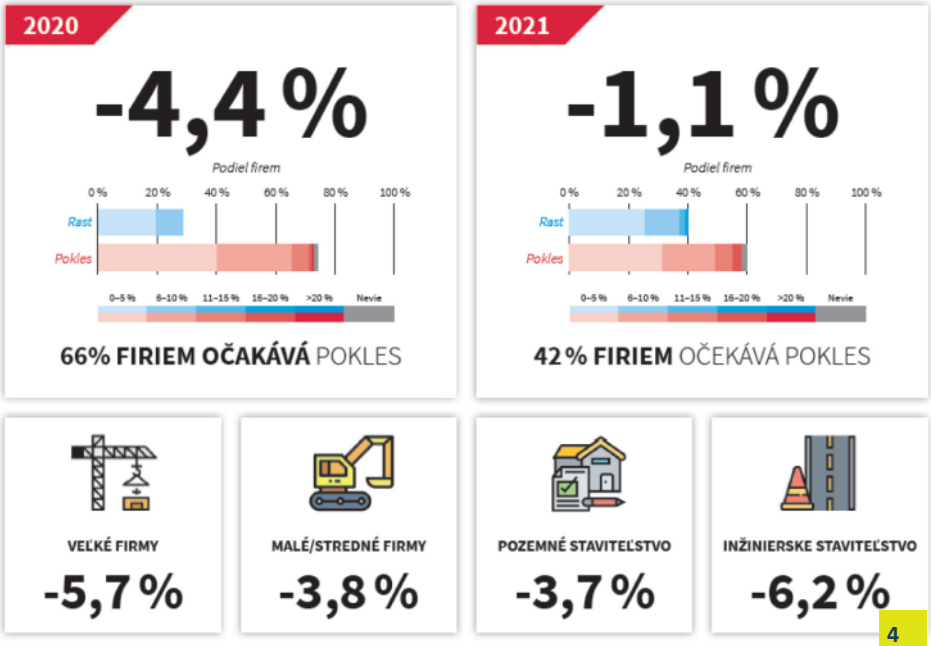
Tržby stavebných spoločností sa tento rok znížia o 5 %. S väčším poklesom ráta inžinierske staviteľstvo, kde podniky očakávajú v tomto roku ochladenie tržieb až o 6,5 %. Malé subjekty počítajú s väčším útlmom trhu, a to až o 5,6 % v tomto roku. Vyplýva to z analýzy slovenského stavebníctva za druhý polrok 2020 (CEEC Research s podporou Považskej cementárne, Ladce). Podľa riaditeľov stavebných firiem sa stavebníctvo SR v roku 2021 zníži o 1,1 %.

Vývoj stavebníctva je teraz poznačený poklesom stavebných aktivít, hlavne v druhom polroku, v oblasti novej infraštruktúry. V tomto roku predovšetkým vinou koronakrízy cítiť úbytok nových zákaziek najmä v dopravnom staviteľstve.

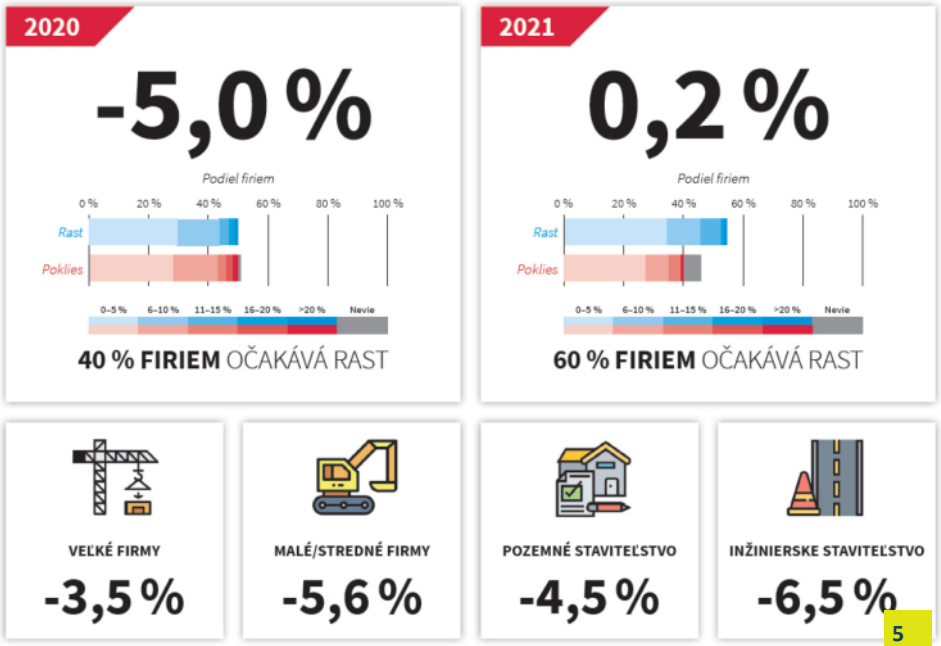
Predpokladáme, že na jeseň tohto roku sa rozbehnú verejné obstarávania na nové stavby tak, aby sa počas roku 2021 neocitla väčšina stavebných podnikov v hlbokej kríze pre nedostatok práce.

Pri rozdelení stavebného trhu na segmenty pozemného a inžinierskeho staviteľstva si môžeme všimnúť, že väčší útlm trhu očakáva inžinierske staviteľstvo. Tu počítajú riaditelia stavebných subjektov so znížením trhu až o 6,2 % v tomto roku. Pre rok 2021 sú však optimistickejší a očakávajú, naopak, rast trhu o 0,6 %. Pozemné staviteľstvo ráta s poklesom trhu v oboch rokoch. V roku 2020 počíta s poklesom trhu o 3,7 %, v roku 2021 s ďalším úbytkom vo výške 1,7 %.

Pri rozdelení spoločností podľa ich veľkosti sa ukazuje, že s väčším poklesom trhu počítajú veľké podniky. Tie očakávajú v tomto roku ochladenie o 5,7 %. Pre rok 2021, naopak, rátajú s rastom (o 0,5 %). Malé a stredné firmy očakávajú pokles výkonov v oboch rokoch. V roku 2020 o 3,8 %, v ďalšom roku o 1,7 %. Za druhý polrok 2020 uvádzajú stavebné spoločnosti vyťaženie svojich kapacít na 83 %. Pre prvý polrok 2021 očakávajú nižšie vyťaženie kapacít (na 79 %).



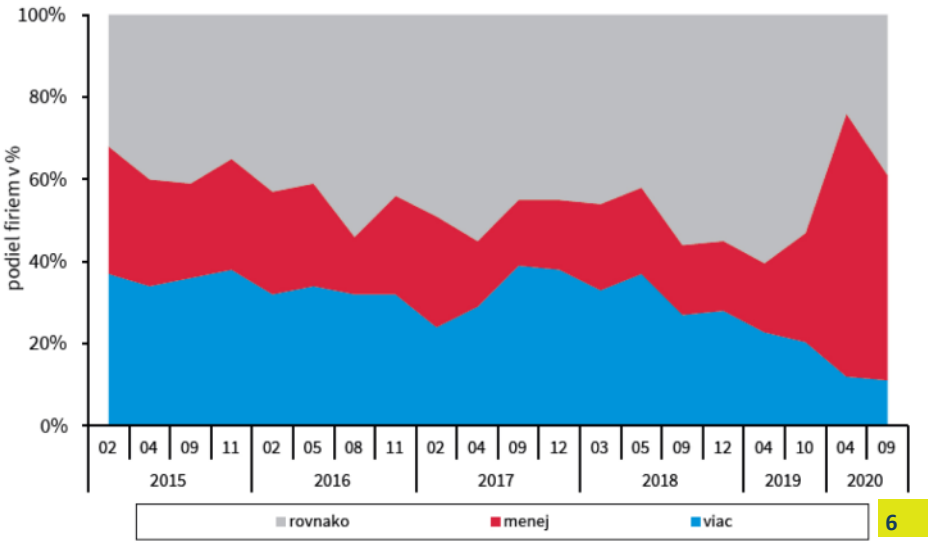
4



5

V oblasti tržieb stavebné podniky na Slovensku po tohtoročnom poklese (o 5 %) predpokladajú, že v roku 2021 im tržby porastú o 0,2 %. S väčším útlmom tržieb ráta inžinierske staviteľstvo, ktoré pre tento rok odhaduje pokles príjmov až o 6,5 %. V roku 2021 očakávajú, naopak, že výnosy im stúpnu o 1,4 %. Pozemné staviteľstvo očakáva menší pokles tržieb, zato ho však predpokladá v oboch rokoch. Konkrétne v roku 2020 predikujú ochladenie príjmov až o 4,5 %, v roku 2021 o ďalšie 0,2 %.

Pri rozdelení spoločností podľa ich veľkosti s väčším poklesom tržieb počítajú malé a stredné stavebné firmy. Tie očakávajú pokles výnosov o 5,6 % v tomto roku a ich ďalší pokles o 0,4 % v roku 2021. Veľké stavebné podniky sú o niečo optimistickejšie. Predpokladajú pokles tržieb priemerne o 3,5 % v tomto roku a pre rok 2021 naopak, ich rast o 1,5 %. Momentálne majú stavebné spoločnosti zazmluvnené zákazky priemerne na osem mesiacov dopredu. Pre polovicu oslovených je to menej ako v rovnakom období vlani (50 %). Pre dve pätiny respondentov je to medzičrne rovnako dlhý čas (39 %), jedna firma z desiatich (11 %) uvádza, že je to viac ako vlani.



6

Literatúra:

[1] Stavebné noviny, č. 172 / Utorok 03. novembra 2020, Ročník 14 / 3 179.

[2] Stavebné noviny, č. 168 / Streda 28. októbra 2020, Ročník 14 / 3 175.

[3] Polročná analýza slovenského stavebníctva, ceec research

Autori:

- Ing. Roman Briatka, BaB real, s.r.o., Nitrianske Rudno
- Ing. Jana Briatková Olšová, Bria Invenia, s.r.o., Bratislava

Zaradenie článku:

- Odborný

Obrázky:

1: Ilustračný obrázok

2: Ako ovplyvnila koronakríza chod podniku?

3: Akých pozícií sa prepúšťanie týkalo?

4: Očakávaný vývoj trhu

5: Očakávaný vývoj tržieb

6: Zazmluvnené zákazky (porovnanie s minulým rokom)

Analýza procesu detekcie kolízii v projektovom cykle vo vzťahu k objemu práce a pracovných činností BIM koordinátora

Analysis of the Process of Clash Detection During the Project Cycle in Relation to the Volume of Work and Tasks of the BIM Coordinator

Rozvoj v oblasti BIM (ang. Building Information Modeling, resp. informačné modelovanie stavieb) prináša do praxe nielen množstvo benefitov a vyššiu úroveň v digitalizácii stavebného priemyslu, ale aj výzvy v podobe implementácie nových softvérov, zmien zaužívaných pracovných postupov a potreby nových špecializovaných pozícii. Cieľom príspevku je na základe dostupných prieskumov trhu a zaznamenaných údajov z konkrétneho projektu analyzovať činnosti a ich trvanie vykonávané pri realizácii BIM projektu. Na základe tejto analýzy je možné identifikovať rozdiely medzi jednotlivými činnosťami a pozíciami, ktoré sa v projektovom cykle vykonávajú a na základe vyhodnotenia časového trvania úloh formulovať ich potrebu a kvantitatívne zastúpenie v projektovom tíme.

Kľúčové slová:

BIM, BIM koordinácia, BIM manažment, detekcia kolízii, CDE

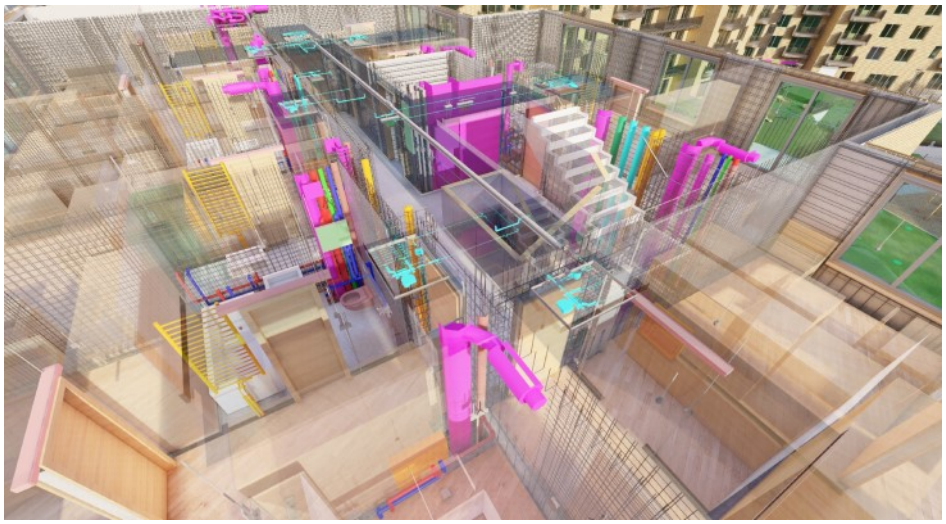
Development in BIM (Building Information Modeling) brings into practice not only benefits and higher level in digitization of the construction industry, but also challenges like implementation of new software, change in common workflows and the need for new specialized positions. The aim of the paper is to analyze the processes and their duration performed during BIM project designing based on recorded data from a specific project and from market research. Based on this analysis, it is possible to identify the differences between individual activities and positions that are performed in the project cycle and based on the evaluation of the duration of tasks to formulate their need and quantitative representation in the project team.

Key words:

BIM, BIM coordination, BIM management, clash detection, CDE

Úvod

Počet projektov, pri ktorých je k dispozícii informačný model stavby sa medziročne zvyšuje a zároveň narastajú skúsenosti jednotlivých účastníkov životného cyklu.



S narastajúcim počtom projektov sa logicky zvyšuje aj požiadavka na ľudské zdroje, ich zručnosti a konkrétne v oblasti BIM vznikajú aj nové druhy pozícií. Z analýzy BIM asociácie Slovensko, ktorej sa v roku 2020 zúčastnilo 1727 respondentov zo stavebnej praxe, vyplýva, že aktuálna miera implementácie BIM je 17 %. V kontexte skúseností a zručností štatistika uvádza až 75 % aktívnych užívateľom BIM na úrovni pokročilý, resp. expert, čo do istej miery vypovedá o pripravenosti trhu.

Ak by sme sa na BIM pozreli z procesného hľadiska, CDE (Common Data Environment) dnes na Slovensku využíva iba 30% z aktívnych používateľov BIM (asi 5% trhu). Podobná situácia je pri riadení procesov a projektov v zmysle požiadaviek formulovaných v BEP (vykonávací plán BIM). Až 67 % z aktívnych používateľov neriadi procesy na základe BEP, čo je spôsobené nízkou požiadavkou na BIM z pozície obstarávateľov. Aj keď v praxi dnes nie je požiadavka na BIM výnimočná, stretávame sa s ňou len v malej miere (23 %).

V procese prípravy a spracovania BIM modelu pribudli do tímov investorov, projekčných kancelárii a stavebných firiem činnosti súvisiace s BIM, ktoré vyžadujú odbornú špecializáciu a časový priestor, ktorý je tak veľký, že už nie je možné priradiť tieto činnosti zamestnancom s inými povinnosťami a špecializáciou. Ide najmä o prípravu dokumentov EIR (Echchange Information Requirements), BEP, interných BIM manuálov, ale aj o procesy kontroly a koordinácie BIM modelov a ich ďalšie spracovanie, napr. pri procesoch vykazovania výmer, tvorby rozpočtu a rôznych analýz.

Metodika výskumu

Pre vhodnú identifikáciu časovej náročnosti BIM koordinácie sme zvolili metódu analýzy a prieskumu. Na základe podrobného skúmania celého procesu sme odhaľovali zákonitosti a princípy, ktoré boli kľúčové pre definovanie bariér a benefitov, ktoré majú vplyv na efektivitu pracovného tímu vo vzťahu k časovému trvaniu činností, ktoré pracovníci vykonávajú.

Prvá časť práce zahŕňa zhodnotenie súčasného stavu problematiky na Slovensku a aktuálnej pripravenosti trhu na BIM s využitím metódy komparácie s cieľom poukázať na narastajúci počet požiadaviek na BIM v praxi.

V druhej časti sa zameriavame teoretickú časť a terminológiu v súvislosti s procesom detekcie kolízií, na ktorú nadväzuje analýza problematiky z hľadiska jej podstaty a princípov. Najmä oboznámenie sa podstatnými aspektami informačného modelovania stavieb a nové činnosti, ktoré pri koordinácii vznikajú.

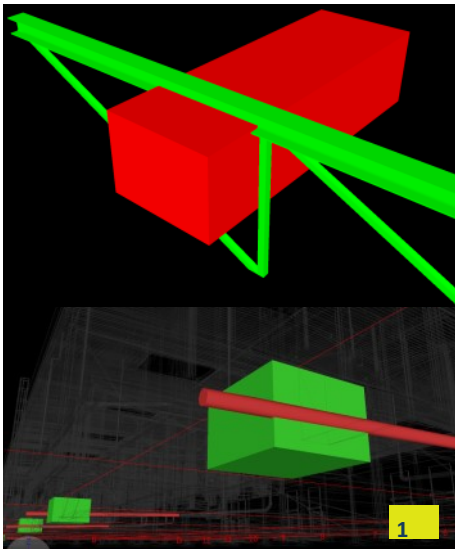
V poslednej časti predkladáme dôvody, formulované a vyhodnotené na základe vlastných dát, ktoré by mali zvážiť riadiaci pracovníci pri skladbe pracovného tímu, nakoľko majú priamy vplyv na cenu (naviac práce) a kvalitu diela (riziko nezvládnutia procesu) a v neposlednom rade vplyv na čas dodania.

BIM koordinácia – typy kolízii

Bežnou praxou pri zhotovovaní stavebného diela je situácia, kedy musíme riešiť kolízie medzi jednotlivými konštrukciami a prvkami. Ako príčiny by sme mohli označiť najmä časté úpravy projektovej dokumentácie, časovú tieseň, nedostatočnú komunikáciu medzi profesiami a hlavne takmer žiadnu možnosť automatizácie vyhľadávania kolízií. Na väčšinu nezrovnalostí projektovej dokumentácie tak prídeme až pri realizácii, čo so sebou prináša celý rad komplikácií. V CAD prostredí proces kontroly a identifikácie kolíznych miest zaberie hodiny, nakoľko je táto činnosť manuálna. V prípade existencie firemných BIM štandardov, jasne klasifikovanému BEP a dostatočnej disciplíny projektového tímu v precíznosti tvorby BIM modelu je v BIM prostredí proces detekcie konfliktov jednoduchší a koordinácia dokumentácie je tak vo výsledku prehľadnejšia. Benefity detekcie kolízii v BIM boli bližšie popísané aj v [3][4][5].

Pri kontrolách BIM modelov počas ich životného cyklu poznáme viaceré typy kolízii. Prvým základným typom je Priestorová kolízia (angl. Hard clash) – chyba projektu pri ktorej dochádza ku konfliktu dvoch, alebo viacerých prvkov, ktoré okupujú rovnaký priestor. V tomto prípade, dané konštrukcie nie je možné v navrhovanej polohe realizovať a je nutné zmeniť ich vzájomnú polohu. Príkladom takejto situácie je kríženie rozvodov, prípadne chýbajúci prestup cez konštrukciu. Priestorové konflikty sú najjednoduchšie odhaliteľné. Softvérové algoritmy ľahko označia výskyty stretov pre objekty, ktoré zaberajú rovnaký priestor. Preto je nutné dbať na správne modelovanie objektov v BIM prostredí [7].

Ďalším typom je Funkčná kolízia (ang. Soft clash), ktorá sa vzťahuje na komponenty, ktoré sú bližšie ako v určenej vzdialenosti od



seba. Na prvý pohľad sa nemusí jednať o konflikt, ale funkcia či zabudovateľnosť daného prvku je ohrozená. Takéto kolízie sa vyhľadávajú na základe ochranného pásma stanoveného pre jednotlivé konštrukcie, resp. prvky [7].

Posledným typom je Časová kolízia (angl. Time clash, niekedy označovaná aj ako Logistická kolízia), ktorá sa vzťahuje na priestorový spor, ktorý je časovo ohraničený. V zásade sa jedná o Priestorový alebo Funkčný konflikt, ktorý sa vyskytuje len v určitom čase,

prípadne má technologický charakter. Tento konflikt je na prvý pohľad najmenej zjavný, ale často sa dá vyriešiť upravením poradia zabudovania prvkov [7].

BIM koordinácia – proces

Častým javom pri kontrolách BIM modelov je nájdenie niekoľkých tisíc priestorových kolízii, ktoré je následne veľmi náročné vyhodnotiť a distribuovať medzi projektantov jednotlivých profesií. Počet modelov v BIM projekte môže dosiahnuť aj niekoľko desiatok (samostatný model pre každú profesiu, stavebný objekt, celok a pod.) a kontrola kolízii tak musí byť kategorizovaná do logických skupín modelov (väčšinou sú to páry, ako napr. model statiky a vzduchotechniky), resp. podskupín vybraných elementov (napr. kontrola nosných stien a potrubia zdravotechniky). Dôležité je preto už na začiatku projektu v dokumente BEP zadefinovať, ktoré modely, konštrukcie a prvky budú kontrolované, v akých skupinách a podskupinách budú prebiehať a aká má byť tolerancia jednotlivých detekcií. Tieto opatrenia podstatne zefektívnia komunikáciu zúčastnených strán a sprehľadnia spracovanie výsledkov. Hodnota tolerancia je zase podstatná kvôli eliminácii kolízií, ktoré sú zanedbateľné a bezproblémovo riešiteľné priamo na stavbe (napr. prienik dvoch telies v hĺbke 1 mm).

V prípade úspešnej detekcie kolízií, nasleduje proces kontroly nájdených výsledkov, ktoré je potrebné distribuovať konkrétnym projektantom a technickým koordinátorom profesií, ktorí majú kolíziu vyriešiť. Prvotnú kontrolu nájdených výsledkov uskutočňuje BIM koordinátor. Jeho úlohou je skontrolovať, či softvér vyexportoval výsledky požadované v okrajových podmienkach (chyby spôsobené interoperabilitou softvérov, konštrukcie, ktoré nemali byť kontrolované a pod.) Taktiež môže kolízie priradiť zodpovedným profesiám, pokiaľ sa tieto dajú s určitosťou vyhodnotiť ako zapríčinené danou profesiou (napr. sa projektant ZTI „netrafil“ do prestupu a pod.).

Všetky ostatné kolízie by mal priradiť technickému koordinátorovi profesií – spravidla je to jeden z projektantov v tíme generálneho projektanta. Ten následne zakresľuje nové trasy a určuje, ktorá profesia sa má posunúť, o akú vzdialenosť a pod. V prípade, že je kolízii len niekoľko desiatok, dá sa vyhotoviť tabuľkový výstup obsahujúci obrázok a informácie o polohe kolízie, prieniku a pod. Kompetentný projektant si po spracovaní týchto informácii následne musí kolízny bod v modeli nájsť, čo je pomerne časovo náročne. Pri rozsiahlejších projektoch, a požiadavke na vyššiu kvalitu BIM modelu môže počet vyriešených kolízii dosiahnuť niekoľko desiatok tisíc a je zrejmé, že takéto kvantity potrebujú byť riešené podstatne sofistikovanejším spôsobom. Preto sa na tieto procesy využívajú CDE systémy, ktoré spomínané neefektívne činnosti urýchľujú. Spôsoby spolupráce prostredníctvom CDE, resp. MCS (Model Collaboration Systems) a vyhodnotenie vlastností jednotlivých softvérových produktov boli bližšie popísané v [1].

Časová analýza činností vytvárania a kontroly BIM modelu

Pre účely časovej analýzy činností zahrňujúcich BIM projektovanie, BIM modelovanie a BIM koordináciu bol vybraný realizačný projekt bytového domu. V riešenom projekte boli v prostredí BIM vymodelované v podrobnosti LOD 300-400 (podľa americkej špecifikácie AIA a BIM Forum) profesie: statika, stavebné konštrukcie, vzduchotechnika, zdravotechnika, vykurovanie, chladenie a elektroinštalácie. Koordinácia prebiehala vo viacerých kolách priebežne počas spracovávania projektovej dokumentácie (10 mesiacov), po jej odovzdaní vo fáze pripomienkovania (1 mesiac) a aj po finálnom odovzdaní pri spracovávaní revízii. Na distribúciu jednotlivých kolízii zodpovedným projektantom a na ich manažment bol použitý CDE softvér.

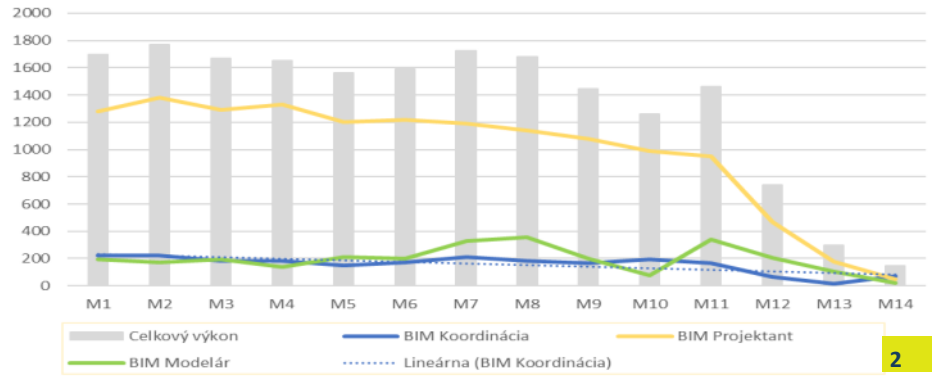
Na základe zozbieraných dát bol zostavené tabuľky a výsledky sú prezentované vo forme grafu. Na účely tohto výskumu boli vytvorené skupiny a rozčlenené na činnosti projekcie, modelovania a koordinácie. Činnosť projekcie zahŕňala tvorbu modelu a dokumentácie a riešenie technických problémov v BIM softvéri, koordinovanie BIM modelárov a komunikáciu s klientom a ostatnými projektantmi v CDE. BIM modelári sa zúčastňovali tvorby technicky a kvantitatívne zložitejších konštrukcií v BIM a procesov vypĺňania parametrov. Činnosti BIM koordinácie a manažmentu a ich rozdiely sú bližšie špecifikované v závere tejto časti príspevku. V Tab. 1 sú uvedené jednotlivé profesie a na horizontálnej osi sú uvedené mesiace sledovaného obdobia.

Grafický výstup na Obr.2, kde je na zvislej osi znázornený sumárny počet hodín členený podľa profesií v sledovanom období (zobrazené na vodorovnej osi) je vytvorený na základe týchto hodnôt. Na grafe je možné pozorovať stúpajúci počet hodín v prvých týždňoch projektu pri činnostiach projekcie aj koordinácie. V prvých týždňoch sa nastavovali pravidlá a podmienky vytvárania a kontrol BIM modelov, následne, po implementácii systému práce a periodicity kontrol majú hodiny strávené BIM koordináciu klesajúci charakter. Výnimkou sú len záverečné kontroly v posledných fázach odovzdávania projektu. Hodiny strávené činnosťami BIM projekcie a BIM modelovania, ktoré spolu veľmi úzko súvisia by v prípade spoločného vyhodnotenia rástli až do 9-10 mesiaca, kedy sa projekt odovzdával na pripomienkovanie zadávateľovi. Následne až na malú výnimku majú prudký klesajúci charakter, čo je spôsobené prirodzeným vývojom projektu a jeho činností v závere.

Pomer času BIM koordinácie a BIM projekcie zlúčenej s BIM modelovaním k celkovému času k jednotlivým mesiacom sledovaného obdobia a celkovo k celému projektu je prezentovaný v Tab.2. Z nej vyplýva, že až 11,82 % celkového času projektu bolo stráveného BIM koordináciou. Úlohami BIM koordinátora je kontrola dodržiavania procesu modelovania v zmysle BIM manuálov, EIR a BEP. V modeloch v princípe neustále kontroluje jednotlivé elementy, vyplnenie ich parametrov a v prípade nájdenia chýb na tieto upozorní príslušných projektantov.

Tab. 1: Sumárny počet hodín podľa profesie v sledovanom období

Výkon profesií [hod]	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	Spolu	[%]
BIM Koordinácia	225	220	185	185	148	171	208,5	185	166	195,5	169	65,5	14	73,5	2211	11,8%
BIM Projektant	1280	1380	1290	1330	1200	1220	1190	1140	1080	990	950	470	180	50	13750	73,5%
BIM Modelár	195	170	195	140	213,3	198	327	358	199,5	74,5	342,5	204	103	22,5	2742,3	14,7%
Celkový výkon	1700	1770	1670	1655	1561,3	1589	1725,5	1683	1445,5	1260	1461,5	739,5	297	146	18703,3	100%



2

pracovníkmi, ktorí majú okrem vedomostí aj príslušné softvérové zručnosti a jednotlivé firmy musia tieto pozície postupne obsadzovať. Nie je však vylúčené, že je možné tieto ľudské zdroje zdieľať na medzi-firemnej úrovni.

Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-18-0247.

Tab. 2: Pomer času koordinácie a projekcie k celkovému času

Výkon profesií [hod]	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	Spolu	[%]
Koordinácia	225	220	185	185	148	171	208,5	185	166	195,5	169	65,5	14	73,5	2211	11,8%
Projekcia	1475	1550	1485	1470	1413,3	1418	1517	1498	1279,5	1064,5	1292,5	674	283	72,5	16492,3	88,2%
Celkový výkon	1700	1770	1670	1655	1561,3	1589	1725,5	1683	1445,5	1260	1461,5	739,5	297	146	18703,3	100%

Medzi jeho úlohy patrí aj digitálne odovzdávanie modelov, detekcia kolízii, ich vyhodnotenie a prvotná distribúcia projektantom. Pre účely analýzy boli do týchto činností zahrnuté aj činnosti BIM manažéra a to najmä pri vytváraní BEP a interných BIM manuálov. Počas jednotlivých mesiacov viac krát hodnota pomeru BIM koordinácie k celkovému času presiahla 12 %, pri odovzdaní projektu to bolo až 15,52 %. Pri procese výstavby je potrebné vyhotoviť viaceré revízie projektovej dokumentácie a klientske zmeny. Na uvedené procesy však nie je potrebný taký počet projektantov ako pri projekcii. Povinnosti koordinátora však zostávajú – je potrebné skontrolovať nové modely, digitálne ich odovzdať, identifikovať kolízie atď. Je teda pravdepodobné, že spomínaný pomer bude v ďalšom období z hodnoty 15 % ešte výraznejšie stúpať, čo je potvrdením a zvýraznením potreby a dôležitosti samostatnej pozície BIM koordinátora v tíme. V rámci celkových procesov firmy je potrebné rozlišovať pozíciu BIM manažéra a BIM koordinátora. Okrem spomínaných úloh v riešenom projekte by mal BIM manažér byť prítomný pri kľúčových rozhodnutiach firmy súvisiacich s digitalizáciou a informačným modelovaním a to aj v oblasti ľudských zdrojov, stratégie a pri výbere zákaziek. Je zodpovedný za tvorbu firemných BIM štandardov, vytvorenie a vedenie BIM oddelenia, cenotvorbu BIM modelovania a návrh štruktúry BIM a CDE softvérov a jej interoperability. BIM koordinátor je oproti BIM manažérovi výkonnejším používateľom a špecialistom konkrétneho softvéru (mal by patriť medzi najlepších v rámci celej firmy) a zároveň dobrým inžinierom, ktorý ovláda technické požiadavky (kvôli procesom modelovania a koordinácie). Nemusí mať však taký prehľad o trhu, normách, inováciách a interoperabilite v rámci firmy [4, a 5].

Diskusia

Poznatky z oblasti BIM koordinácie nie sú dnes bežnou súčasťou firemného know-how a ukazuje sa, že majú vplyv na vhodnú skladbu pracovného tímu, a teda môžu priamo ovplyvniť schopnosť danej firmy posúdiť časovú náročnosť zákazky, ktorá má byť realizovaná v BIM prostredí. Je však nutné širšie bádanie v tejto oblasti a zameranie sa na rôznorodé typy projektov a tiež na rôzne typy firiem a analyzovať tak ich potrebu zapojenia sa do celého procesu a stanovenie časovej náročnosti na ľudské zdroje. Cieľom do budúcnosti je teda rozvíjať konkrétne oblasti informačného modelovania stavieb a prispieť k správnemu odhadu skladby pracovného tímu a k eliminácii rizík s tým spojených.

Záver

Tvorba a manažment projektu, pri ktorom je požiadavka na BIM so sebou nesie pri aktuálnom stave poznania v aplikačnej praxi riziká podcenenia z hľadiska ľudských zdrojov a ich nevyhnutných zručností. Ako uvádzame v analýze, pri činnostiach súvisiacich s BIM koordináciou je potrebné zapojiť dostatočné množstvo pracovníkov. Z výsledkov možno stanoviť, že z celkového počtu hodín, takmer 12 % (11,82 %) pripadá na činnosti spojené s koordináciou a 88 % (88,18 %) na samotné projekčné práce.

Tak, ako vysvetľujeme v teoretickej časti, činnosti BIM koordinátora sú pri rozsiahlejších projektoch z hľadiska obsahu a rozsahu diametrálne odlišné od činnosti projektanta a preto treba počítať so špecializovanými

Literatúra:

[1] Shafiq, Muhammad & Matthews, Jane & Lockley, Stephen. A study of BIM collaboration requirements and available features in existing model collaboration systems. Electronic Journal of Information Technology in Construction (ITcon). (2013). 18. 148-161 .

[2] Jae Hyuk Park & Ghang Lee. Design coordination strategies in a 2D and BIM mixed-project environment: social dynamics and productivity, Building Research & Information, (2017) 45:6, 631-648, DOI: 10.1080/09613218.2017.1288998 .

[3] Racha Chahrour, Mian Atif Hafeez, Ahmad Mohammad Ahmad, Hashim Ibnauf Sulieman, Huda Dawood, Sergio Rodriguez-Trejo, Mohamad Kassem, Khalid Kamal Naji & Nashwan Dawood. Cost-benefit analysis of BIM-enabled design clash detection and resolution, Construction Management and Economics, (2020) DOI: 10.1080/01446193.2020.1802768.

[4] Shepherd D., BIM Management Handbook, Londýn, NBS / RIBA Enterprises Ltd., 2016. 160 s. ISBN 978 1 85946 605 6.

[5] Hardin,B., McCool,D. BIM and Construction Management : Proven Tools, Methods, and Workflows, Second Edition. New York, USA : John Wiley & Sons, Inc., 2015. ISBN 978-1-118-94276-5

[6] Eastman, Ch., BIM Handbook, Johny Wiley & Sonc, Inc., 2009, ISBN 978-0-470-18528-5

[7] Funtík, T. a kol., Building Information Modeling, Vydavateľstvo Eurostav, Bratislava, 2018, ISBN 978-80-89228-56-0

[8] Dana K. Smith, Michael Tardif, Building Information Modeling, A Strategic Implementation Guide, Published by John Wiley & Sons, Inc. New Jersey, USA, 2009, ISBN 978-0-470-25003-7

Autori:

- Ing. Tomáš Funtík, PhD. ,Stavebná fakulta STU, Bratislava
- Ing. Pavol Mayer, Stavebná fakulta STU, Bratislava

Zaradenie článku:

- Vedecký

Obrázky:

1: Príklady priestorových kolízii rozvodov vzduchotechniky a zdravotechniky s nosnými konštrukciami

2: Sumárny počet hodín podľa profesie v sledovanom období

Posudzování životního cyklu založeného na BIM pro zajištění udržitelného rozvoje: rešerše datových struktur

BIM-Based Life Cycle Assessment for Ensure Sustainable Development a Data Structures Review

Posuzování životního cyklu (Life Cycle Assessment – LCA) je metoda, využitelná pro prokázání vhodnosti navržených materiálů, konstrukcí nebo celých budov z hlediska životního cyklu a jeho působení na životní prostředí. Stavebnictví produkuje výrazné množství odpadů, zatímco kapacity skládek jsou omezené. Efektivní nakládání s již použitými materiály, které mají potenciál být znovu využity, může významně pomoci v oblasti snižování spotřeby a šetření přírodních zdrojů. Posuzování životního cyklu je také metoda posuzování životního cyklu produktu nebo služby z hlediska jeho působení na životní prostředí. Informační model budovy (BIM) obsahuje kromě geometrie i informační část, kterou je možné využít pro toto posouzení. Tyto data můžou být použita pro inventuru životního cyklu (LCI) a poté pro samotné hodnocení. Cílem článku je analyzovat předchozí přístupy a definovat, jakou datovou strukturu je nutné získat z BIM modelu pro účely LCI konkrétního materiálu. Navrhovaná metodika je postavena na základě informací z datové struktury standardizace negrafických informací modelu, zvaná (SNIM), která byla vyvinuta pro prostředí České republiky. Článek je také zaměřen na teoretická východiska nově vyvíjeného klasifikačního systému CCI.

Kľúčové slová:

Stavebnictví, Udržitelný rozvoj, Metoda LCA, BIM model, LCI, české prostředí, SNIM, CCI

This data can be used for life cycle inventory (LCI) and then for the assessment itself. The aim of the article is to analyse previous approaches and define which data structure is necessary to be obtained from the BIM model for the LCI purpose of a specific material. The proposed methodology of the data recognition and selection is based on data structure of non-graphical database called SNIM, which was developed for the Czech construction environment. The article is also focused on the theoretical background of the newly developed CCI classification system.

Key words:

Construction Industry, Sustainable development, the LCA methodology, the BM model, life cycle inventory (LCI), Czech environment, SNIM, CCI

Life Cycle Assessment (LCA) is a method that can be used to demonstrate the suitability of proposed materials, structures, or buildings in terms of their whole life cycle and its environmental impact. Construction industry produces a significant amount of waste while the capacity of landfills is being limited. Effective management of already used materials, that have the potential to be reused, can significantly help to decrease consumption and save natural resources. LCA is also a method of assessing the life cycle of a product or service in terms of its environmental impact. The Building Information Model (BIM) includes, in addition to geometry, the information part.

Úvod

Problematika posuzování životního cyklu stavebních výrobků je aktuální téma v souvislosti s požadavkem na udržitelnou výstavbu, který vychází ze Směrnice Evropského parlamentu a Evropské komise č. 305/2011 [1]. Nový požadavek na stavební výrobky ale i na celá stavební díla spočívá v udržitelném využívání přírodních zdrojů pro zajištění šetrnosti budov k životnímu prostředí. Udržitelné využívání přírodních zdrojů souvisí s možností opětovného využití či recyklace použitých materiálů pro výstavbu, ale i recyklovanost celých staveb či použití materiálů a surovin šetrných k životnímu prostředí již během výstavby. Jedním způsobem posouzení tohoto nového požadavku je právě metoda Life Cycle Assessment (LCA) [2].

Posuzování životního cyklu z anglického LCA je metoda analytická založená na hodnocení environmentálních dopadů na životní prostředí výrobků, služeb či technologií. Kočí [2] popisuje přístup metody LCA k hodnocení environmentálních dopadů na životní prostředí s ohledem na celý životní cyklus produktů, tj. od stádia získávání a výroby prvotních materiálů přes stádium výroby produktů, jejich užívání až po samotné odstranění či opětovné využití produktů v podobě recyklace.

V minulosti byl popsán využívaný způsob získávání dat pro posuzování životního cyklu nejrůznějších produktů. Autoři se věnovali popisu dat vstupujících do LCA. Článek je zaměřen na shrnutí minulých, současných ale i předpokládaných budoucích způsobů, jakými se budou data pro posuzování LCA získávat. Dále je má článek za cíl stanovit, jakým způsobem budou tříděny informace z databáze SNIM pro aplikaci do studie LCA.

Současný stav řešené problematiky

V roce 1990 se poprvé objevuje komplexní environmentální analýza zátěží a modely plnohodnotného hodnocení životního cyklu a kalkulace životního cyklu. Začátkem 21. století byl vytvořen program Life Cycle Initiative, jehož cílem bylo praktikovat myšlenky životního cyklu do praxe. [3]

Propojením metody LCA s možností využití datové struktury BIM modelu se již zabývalo mnoho autorů. Antón [4] v závěru článku představila dva přístupy integrace mezi LCA a BIM. Jeden z nich je posouzení celého životního cyklu konstrukce a druhý přístup je materiálově orientovaný. Autoři v dalším článku [5] hodnotí nejnovější studie, které jsou zaměřeny na LCA, které je založené na BIM. Zároveň se soustředí na to, jak by BIM mohlo přispět ke zjednodušení zadávání dat, k optimalizaci výstupu dat a výsledků během aplikace LCA v konkrétních budovách.

Finnveden ve svém článku [6] popisuje vývoj LCA. Tento článek poskytuje přehled o nedávném vývoji LCA. Autoři diskutují o oblastech, kde došlo k pokroku. Mezi tyto oblasti můžeme zahrnout: rozdíl mezi atributní a následnou LCA, hybridním vývojem LCA databáze a kategorie dopadů (jako je prostorová diferenciace, toxicita, znečištění ovzduší ve vnitřním prostředí a dopady z využívání půdy, zdrojů a vody). Autoři ukazují největší úspěchy. V dnešní době bychom měli být schopni lépe porozumět rozdíl mezi atributní a následnou LCA a také metodami pro hybridní IOA-LCA. Autoři však zdůrazňují, že existuje mnoho oblastí, na něž se můžeme zaměřit. Mezi tyto oblasti patří: vývoj nástrojů pro LCA, metody hodnocení dopadů využívání půdy a využívání vody na ekosystémy. Hlavní oblastí rozvoje by měly být databáze.

Další článek o LCA [7] shrnuje veškerý výzkum hodnocení životního cyklu, který byl aplikován ve stavebnictví. Autoři říkají, že více než kdy dříve se stavebnictví zabývá zlepšením sociálních, ekonomických a přírodních indikátorů udržitelnosti. Pokud bychom více používali metodu LCA, tak je možné dosáhnout lepší optimalizace těchto aspektů a tím i lépe kontrolovat životní cyklus budovy (od těžby přírodních surovin až po konečné odvezení stavebních materiálů na skládku). Můžeme tedy říci, že se autoři snaží zanalyzovat dřívější výzkum LCA a srovnat jej se současným výzkumem LCA a tím vypíchnout hlavní výzvy pro vývoj LCA a stavebnictví. Studie tedy poskytuje základní charakteristiku LCA a její metodologie. Dále se zabývá cestami a rozdíly využití LCA u stavebních materiálů a kombinací komponentů (BMCC) proti využití LCA u celého stavebního procesu (WPC). Studie jen potvrzuje, že LCA je velice inovativní metodou, která zlepšuje udržitelnost životnosti budovy skrz všechny její fáze.

Marzouk [8] ve své studii popisuje spojení LCA s BIM. Tato studie nám představuje BIM, který umožňuje odhadnout 6 typů emisí. Zahrnujeme sem skleníkový efekt, oxid siřičitý, různé částice, částice eutrofizace, částice poškozující ozon a smog. Díky tomuto nástroji je možné vypočítat produkci přímých a nepřímých emisí během celého stavebního procesu, tedy od: výrobní fáze, fáze přepravy, stavební fáze, provozní fáze, fáze údržby a fáze demolice. Pro výpočty používali autoři aplikaci Athena Impact Estimator a Autodesk Revit.

Autoři dalšího článku [9] přichází s metodou automatických výpočtů LCA v rané fázi, tedy již na první úrovni podrobnosti BIM (LOD100). To by mělo vést k lehčím úpravám výpočtů během dalšího vývoje BIM modelu. K tomu, abychom tohoto cíle dosáhli je potřeba nových vrstev dat a jejich formátů. Tato nová datová vrstva by měla vyplnit informační mezery mezi extrahovanými daty BIM a stávajícími daty LCA poskytovanými běžnými databázemi LCA. Výsledkem tohoto článku je tedy přiblížení této metody. Dalším krokem je otestování této metody v budoucích vědeckých pracích.

Další článek [10] se týká integrace dopadů na životní prostředí do BIM. Hlavním cílem tohoto článku je ukázat, jak důležitá je integrace informací o obsažených dopadech do BIM. Druhým cílem je najít řešení, jak by mohli projektanti zmírnit tyto environmentální dopady. Autoři navrhli BIM-integrované hodnocení a také vizualizaci dopadů na životní prostředí. Výsledky ukazují, že by bylo možné tímto přístupem říci, jaké environmentální dopady bude mít stavební materiál v počátečních fázích návrhu. Vizualizace geometrického modelu budovy může být použita jako reprezentace návrhu, který může vést k lepšímu rozhodnutí o materiálových volbách pro jednotlivé stavební prvky.

Efektivnost analýzy životního cyklu je řešena v dalším článku [11]. Autoři tohoto článku se zabývají propojením mezi nástrojem založeným na nástroji BIM a nástroji LCA (Gabi 6). V článku bylo prokázáno, že modul plug-in BIM může poskytnout potřebná data pro každou fázi návrhu. To znamená, že návrhář může provádět plnou analýzu životního cyklu efektivněji.

Na základě výše uvedených referencí lze říci, že autoři se již v minulosti zabývali možností propojení studií LCA s informacemi obsaženými v 3D modelu v prostředí BIM. Autoři ve svých publikacích využívali rozdělení stádií životního cyklu produktů pomocí kategorií dopadů a rovněž zvolenou metodiku pro výpočty studií LCA ověřovali pomocí různých softwarových nástrojů jako Autodesk Revit, Gabi 6, apod.

Posuzování dopadu životního cyklu a stádia dopadů na životní prostředí

Životní cyklus produktů a hodnocení jejich dopadu na životní prostředí pomocí tzv. kategorií dopadu autor dále dělí na šest konkrétních oblastí. Jedná se o Globální oteplování a klimatické změny, úbytek stratosférického ozonu, acidifikaci, eutrofizaci, vznik fotooxidantů a úbytek surovin. Každá kategorie dopadu zahrnuje procesy a důsledky, jakými je negativně ovlivňováno životní prostředí. Globální oteplování zahrnuje zvyšování průměrné teploty atmosféry vlivem zachycování většího množství energie v atmosféře, které vede ke klimatickým změnám na globální úrovni či k tzv. skleníkovému jevu. Úbytek stratosférického ozonu vede k pronikání většího množství UV záření na zemský povrch, což vede k nepříznivému ovlivnění zdraví člověka či kvality životního prostředí. Acidifikace je proces okyselování půdního nebo vodního prostředí způsobený vypouštění kyselinotvorných látek do atmosféry, vody a půdy. Okyselené srážky kondenzují na pevných površích či se rozpouštějí ve vodě, což vede k okyselování půdy, vody a stavebních materiálů. Zmíněné látky jsou škodlivé také pro rostliny a stromy. Eutrofizace souvisí s obohacováním prostředí živinami, což vede k zarůstání povrchových vod, k nedostatku kyslíku ve vodách či ke zhoršení kvality zdrojů pitné vody. Vznik fotooxidantů zahrnuje nepříznivé působení ozonu či jiných látek v přízemní vrstvě atmosféry, což vede k negativními vlivu na životní prostředí v podobě vzniku různých nemocí a ovlivňování zdraví živých organismů.Úbytek surovin je spojen s nadměrnou těžbou neobnovitelných zdrojů člověkem,

což vede k narušování ekosystémů a k ovlivnění množství surovin dostupných v budoucnosti. [2]

Autor Kočí ve své publikaci popisuje životní cyklus produktů, který má různé dopady na životní prostředí, ve čtyřech hlavních stádiích. První stádium získávání surovin pro výrobu potřebných materiálů pro výrobu produktu zahrnuje těžbu ropy, železný rud či dřeva a jejich dopravu z místa, kde jsou získávány, do místa dalšího zpracování. Druhé stádium popisuje výrobu produktu z již získaných materiálů a surovin v prvním stádiu. Stádium zahrnuje přeměňování získaných surovin na materiály, které jsou použitelné v další průmyslové výrobě. Přeměňování surovin však zahrnuje například spotřebu elektrické energie či různých paliv. Třetí stádium užívání produktu zahrnuje spotřebu produktu či jeho využití pro funkci, ke které byl vyroben. Nedílnou součástí tohoto stádia jsou opět energetické a surovinové požadavky, které budou sloužit pro samotný provoz produktu, jeho případné opravy, uskladnění či údržbu. Čtvrté, poslední stádium popisuje již závěrečné odstranění produktu včetně energetických a materiálových nároků na odstranění produktu či případně jeho recyklaci. [2]

Standardizace negrafických informací 3D modelu (SNIM)

Standardizace negrafických informací 3D modelu je soubor informací a standardů, které byly vyvinuty zejména pro projektování s využitím BIM modelu v prostředí České republiky. K jednotlivým prvkům 3D modelu byly přiřazeny parametry (negrafické informace), které jsou dále rozděleny dle požadavků pro jednotlivé stupně projektové dokumentaci v souvislosti s danou fází výstavby. SNIM obsahuje seznam parametrů, které jsou přiřazeny ke konkrétním konstrukcím a třídník stavebních konstrukcí, který jednotlivé typy konstrukcí rozděluje dle technických a parametrických informací. Třídník stavebních konstrukcí byl vytvořen z důvodu snahy o lepší orientaci v projektu za pomocí databázového vyhledávání.

Nově vyvíjený klasifikační systém CCI

Jedná se o mezinárodní klasifikační systém, který představuje perspektivní řešení pro kategorizaci a popis staveb. [12] Tento klasifikační systém je vhodný především pro digitální zpracování. Stavebnictví zahrnuje nepřeberné množství výměny informací mezi velkou řadou subjektů, přičemž každý z nich má jiné informační požadavky v různých fázích životního cyklu stavby. Na možnosti předání kompletních a relevantních informací ve správném čase závisí úspěšnost celého projektu. České stavebnictví nemá respektovaný jednotný klasifikační systém ani neexistuje společný „jazyk“ mezi jednotlivými účastníky výstavbového procesu. Klasifikační systém CCI nabízí obecný společný „jazyk“ vyhovující všem fázím a rolím účastníků během celého životního cyklu stavby. CCI nabízí řešení pro klasifikaci celých staveb ale i pro detailnější části informačního modelu staveb. K přijetí nové klasifikace je nutné jednoznačně identifikovat informace pro strojové zpracování dat s nejvyšší možnou mírou automatizace s využitím systému fazetové klasifikace. Řešení spočívá v klasifikaci v podobě dílčích faset pro vybudované prostory, technické systémy, konstrukční systémy a jednotlivé detailní elementy stavby. Tyto informace tvoří provázaný systém umožňující zpřehlednění a jednoznačné roztřídění informací
o stavbě pro následnou možnost využití nejrůznějšími softwarovými nástroji.

Předmětem informačního modelování staveb je výměna všech druhů informací v průběhu projektu mezi jeho účastníky a používanými aplikacemi. Pro úspěšnost výměny dat v průběhu projektu je nutno mezi jednotlivými projekty vyžadovat ucelený a konzistentní způsob ke klasifikaci stavebních objektů. Vyměňované druhy informaci zahrnují geometrická data, data o funkčnosti, technická data a data o nákladech a údržbě se zaměřením na časovou osu projektu probíhající od záměru po samotnou likvidaci objektu. Základní myšlenka třídění informací v CCI je specifikována uživatelem, který jednotlivé elementy zatřiďuje dle jejich účelu využití či dle jejich způsobu užití. Dle klasifikačního systému CCI mohou být rovněž tříděny informace o projektu, které povedou ke snadnějšímu určení parametrů a konkrétní specifikaci nutné pro výpočet studií LCA. Výhodou takto roztříděných informací může být jejich snadná identifikace pro strojové zpracovaní dat i jejich snadné využití pro tvorbu nejrůznějších automatizovaných softwarů. Díky nově zavedenému společnému „jazyku“ pro všechny účastníky celého životního cyklu stavby bude možné využít výsledky vypočtených studií LCA ve všech fázích projektu včetně fáze užívání nově vybudovaného objektu.

Přístup k výzkumu

V souvislosti s využíváním informací z prostředí BIM, vznikla, zejména pro prostředí České republiky, databáze standardů a parametrů, sloužící pro stavebně inženýrskou činnost v prostředí BIM. Zmíněné parametry neboli negrafické informace, byly autory roztříděny dle nově vytvořeného třídníku stavebních konstrukcí a přiřazeny k jednotlivým prvkům 3D modelu v prostředí BIM. Součástí třídníku je rovněž doporučený formát a podoba zadáváni jednotlivých informací. Jedná se o takzvanou standardizaci negrafických informací modelu. [13]

V souvislosti s novým zaváděním prostředí BIM pro stavebnictví v České republice je možné využití roztříděných informací z tohoto prostředí pro možnost zjednodušení výpočtů studií LCA. Tato nová metoda využívá poznatků o stádiích životního cyklu produktů v souvislosti s možnými dopady na životní prostředí. Dále je uvažováno s rozdělením kategorií dopadu na šest konkrétních oblastí. Data roztříděná dle parametrů přiřazených jednotlivým prvkům 3D modelu v prostředí BIM databáze SNIM budou pro možnost využití pro výpočty LCA dále vybírána s třízena dle přesně stanovených kritérií.

Pro posouzení životního cyklu produktů s možností hodnocení jejich dopadu na životní prostředí metodou LCA je potřeba stanovit hodnoty jednotlivých indikátorů kategorií dopadu s ohledem na jednotlivá stádia životního cyklu produktů. Tyto hodnoty, tvořící soubor výsledků, musí mít kromě konkrétních hodnot, také jednoznačně definovány jednotky. Jednotlivé soubory výsledků jsou poté přiřazeny do konkrétních druhů kategorií dopadu, které mají různé vlivy na životní prostředí. V grafické a informační části BIM modelu stavebního díla jsou jednoznačně definovány parametry, které je možno využít pro hodnocení LCA. V souvislosti se standardizací negrafických informací modelu a se vznikem již zmíněných standardů a parametrů se nabízí možnost doplnění BIM modelu o konkrétní informace ze SNIM pro komplexní posouzení stavebního díla z hlediska jeho celého životního cyklu.

Metodika výběru dat z prostředí SNIM pro účely LCI

Při výběru dat z prostředí SNIM budou využita data v úrovni podrobnosti studie. Důvodem je dostatečné množství informací v této fázi

výstavby pro základní účely LCI a také snaha zabývat se co nejvíce reálnou situací. Ve stavební praxi jsou ve fázi studie sice dostupné pouze některé informace, ale i tak již v této fázi výstavby narůstá snaha o předběžný výpočet studií LCA na základě LCI pro snížení dopadu na životní prostředí plánované stavby.

Uvažovaná metodika vychází z možnosti, že z databáze SNIM budou převzaty objemy jednotlivých konstrukcí a také data, která obsahují značení konstrukcí. Společně se jedná o data, kterou obsahují název daného prvku, jeho objem, značení dle SNIM, specifikaci či další konkrétní popis. Tato data budou použita pro účely základní struktury LCI (studie LCA). Příklad vzhledu datové struktury pro jednu kategorii materiálu je uveden v tabulce 1.

Tab. 1: Příklad vzhledu datové struktury pro jednu kategorii materiálu

	Značení dle SNIM	Podkategorie	Popis	MIN	MAX
Typ konstrukce	XXooo	Specifikace konstrukce	….	ooo	ooo

Bohužel však data převzatá z databáze SNIM neobsahují indikátory kategorií dopadu (emise). Tato data tudíž musí být k výpočtu přiřazena z externích zdrojů jako jsou již existující databáze či konkrétní data zjištěná přímo od výrobců daného materiálu.

Na základě specifikace je možné ke každému konkrétnímu materiálu přiřadit konkrétní hodnotu LCI. Přiřazená hodnota LCI ke konkrétnímu materiálu je vždy pouze pro jednu základní jednotku množství daného materiálu (tj. m3, m2, m, tuna apod.). Z toho důvodu následně dojde k vynásobení hodnoty LCI hodnotou objemu daného prvku. Na základě těchto informací bude pomocí maticového řešitele Matlab vygenerována konkrétní hodnota LCI všech materiálu každého prvku v konkrétní konstrukci. Závěrem je procentuální rozložení jednotlivých emisních faktorů napříč celkovou materiálovou charakteristikou ve stavbě.

Závěr

Článek prezentuje rešerši a elementární koncept metodiky využití dat z informačního modelu budovy pro účely výpočtu studií LCA, a to s důrazem na vhodný zvolený klasifikační systém stavebního sektoru. Je uvedena pouze jedna ze dvou možných variant pro prostředí ČR, a to pomocí standardu SNIM, naopak využití systému CCI prozatím není možné v době publikace tohoto článku přesně definovat z důvodu stále probíhajícímu vývoji tohoto systému. Je nutno říci, že prezentovanou metodiku, ať už bude fungovat na základě SNIM nebo CCI je nezbytné ověřit na dostatečném množství případových studií konkrétních stavebních objektů. Toto ověření bude předmětem dalšího výzkumu dané problematiky. Článek měl za cíl shrnout teorii, současný stav řešené problematiky a také nastínit rámcový postup, jakým je možné v budoucnu přistupovat při výpočtech environmentálních dopadů. V další fázi výzkumu bude možné zvolit konkrétní případovou studii, jejíž výsledky budou porovnány s již prezentovanými výsledky jiných autorů, a to s využitím nejrůznějších software a parametrů. V budoucnu by bylo rovněž vhodné vytvořit specializovaný software, zabývající se výpočty LCA a LCI či vývoj plug-in pro české prostředí, který bude snadno využitelný ve stavební praxi.

Poděkování

Článek vznikl za podpory Standardního specifického výzkumu s registračním číslem FAST-S-20-6338 a Juniorského specifického výzkumu s registračním číslem FAST-J-20-6359.

Literatúra:

[1] Regulation (EU) No 305/2011 of the European Parliament and of the Council: laying down harmonized conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC. In: Strasbourg: European Council, 2011, 305/2011

[2] V. Kočí, LCA a EPD stavebních výrobků: posuzování životního cyklu a environmentální prohlášení o produktu jako cesta k udržitelnému stavebnictví. Prague: Czech Council for Green Buildings, 2012. ISBN 978-80-260-3504-6 .

[3] J. B. Guinée et al. Life Cycle Assessment: Past, Present, and Future. Environ. Sci. Technol., 2011, 45, 90-96. DOI: 10.1021/es101316v .

[4] L. A. Antón, and J. Díaz. Integration of Life Cycle Assessment in a BIM Environment. Procedia Engineering, 85, 26-32, 2014. DOI: 10.1016/j.proeng.2014.10.525. ISSN18777058.

[5] B. Soust-Verdaguer, C. Llatas and A. García-Martínez. Critical review of bim-based LCA method to buildings. Energy and Buildings. 2017, 136, 110-120. DOI: 10.1016/j.enbuild.2016.12.009. ISSN 03787788. Dostupné také z: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378778816317650.

[6] G. Finnveden, M. Z. Hauschild, T. Ekvall, et al. Recent developments in Life Cycle Assessment. Journal of Environmental Management. 2009, 91(1), 1-21. DOI: 10.1016/j.jenvman.2009.06.018. ISSN 03014797. Dostupné také z: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301479709002345

[7] O. Ortiz, F. Castells and G. Sonnemann. Sustainability in the construction industry: A review of recent developments based on LCA. Construction and Building Materials. 2009, 23(1), 28-39. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2007.11.012. ISSN 09500618. Dostupné také z: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950061807003005

[8] M. Marzouk, E. M. Abdelkader and K. Al-Gahtani. Building information modeling-based model for calculating direct and indirect emissions in construction projects. Journal of Cleaner Production. 2017, 152, 351-363. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.03.138. ISSN 09596526. Dostupné také z: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652617305905

[9] M. Dupuis, A. April, P. Lesage and D. Forgues. Method to Enable LCA Analysis through Each Level of Development of a BIM Model. Procedia Engineering. 2017, 196, 857-863. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.08.017. ISSN 18777058. Dostupné také z: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877705817331375

[10] M. Röck, A. Hollberg, G. Habert and A. Passer. LCA and BIM: Visualization of environmental potentials in building construction at early design stages. Building and Environment. 2018, 140, 153-161. DOI: 10.1016/j.buildenv.2018.05.006. ISSN 03601323. Dostupné také z: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S036013231830266X

[11] Bueno, and M. M. Fabricio. Comparative analysis between a complete LCA study and results from a BIM-LCA plug-in. Automation in Construction. 2018, 90, 188-200. DOI: 10.1016/j.autcon.2018.02.028. ISSN 09265805. Dostupné také z: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0926580518301249

[12] Klasifikační systém CCI [online]. [Accessed 2020-09-25]. Dostupné také z: https://www.koncepcebim.cz/634-klasifikacni-system-cci?fbclid=IwAR0SvP407GaKz7PcFAbKceGt43pdjfM3M-a-AZ16_IR8A3HOoD8kdFNagdI

[13] Standardizace negrafických informací 3D modelu [online]. [Accessed 2020-06-05]. Dostupné také z: http://www.czbim.org/nodes/nodes/view/type:stranka/slug:standardizace-negrafickych-informaci-3d-modelu .

Autori:

- Ing. Michal Brandtner, Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně
- Ing. Adam Boháček , Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně

Zaradenie článku:

- Vedecký

Prevádzkový poriadok - plán užívania budov

Operating Rules - The Plan For the Use of the Building

Príspevok má za cieľ zdôrazniť potrebu vypracovania prevádzkového poriadku – plánu užívania budov. Stručne opisuje súčasnú situáciu v Slovenskej republike a aké sú legislatívne požiadavky. Rozsiahla problematika spracovania dokumentácie prevádzkového poriadku – plánu užívania je z časti zhrnutá v dvoch príkladoch. Prvý príklad pre ubytovacie zariadenie vychádza z legislatívnej špecifikácie Úradu verejného zdravotníctva Slovenskej republiky. Druhý príklad bez legislatívnej špecifikácie všeobecne popisuje komerčné priestory (administratívne budovy, obchodné centrá). Na základe existujúceho stavu a zozbieraných údajov dostupnej dokumentácie z viacerých budov, je stále priestor pre zefektívnenie prevádzkového poriadku – plánu užívania budov.

Kľúčové slová:

Prevádzkový poriadok – plán užívania budov, Prevádzka, Facility management

The paper aims to emphasize the need to develop operating rules - a plan for the use of buildings. It briefly describes the current situation in the Slovak Republic and what are the legislative requirements. The extensive issue of processing the documentation of the operating rules - the use plan is partly summarized in two examples. The first example for an accommodation facility is based on the legislative specification of the Public Health Office of the Slovak Republic. The second example without a legislative specification generally describes commercial premises (office buildings, shopping centers). Based on the existing state and collected data of available documentation from several buildings, there is still room for streamlining the operating rules - the plan for the use of buildings.

Key words:

Operating rules – the plan for the use of Building, Property, Facility management

Úvod

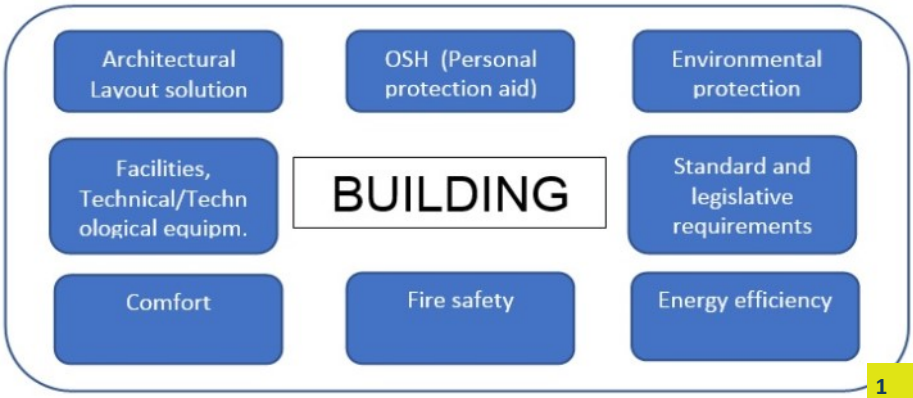
Nowadays the Operating rules – the plan for the use of buildings has an increasing practical application. In the private sector - investment projects, the elaboration of operating rules - a plan for the use of buildings is mostly rare.

This is related to less awareness of the benefits and practical use of such documentation, the increased cost of developing a "new type" of documentation.

There is no legislative obligation for all types of buildings for the private sector. An exception is made for selected types of buildings and facilities, where there is a legislative obligation to develop operating rules - a plan for the use of buildings, or similar documentation for property such as: restaurants, meaning the HACCP plan (for example - food hygiene control system).

At present, operating rules - plan for the use of buildings are beginning to be part of the comprehensive construction and technical documentation of buildings. The construction solution, description of the building, technical and technological equipment, facilities and maintenance are only the general points of the documentation and do not use the potential of the documentation that can bring its practical use.

Example for general building requirements:



Analysis of the current situation in the Slovak Republic

The need for the development of a "plan for the use of building" is currently provided for by the Legislation of the Slovak Republic in Act No. 254/1998 Z.z. on Public Works in § 12. It is included in the section "Quality of public work" under letter a) point 6, where it is required on the designer, in cooperation with the contractor, to process the plan of use of the Public work.

According to the aforementioned law, Act § 12 letter a) in point 6, the following is required.

1. Define tasks to precede during use:
   - endangerment of persons, property or its damage,
   - premature wear.

2. The plan of use of building should include:
   - rules of use,
   - technical inspections, maintenance and repairs.

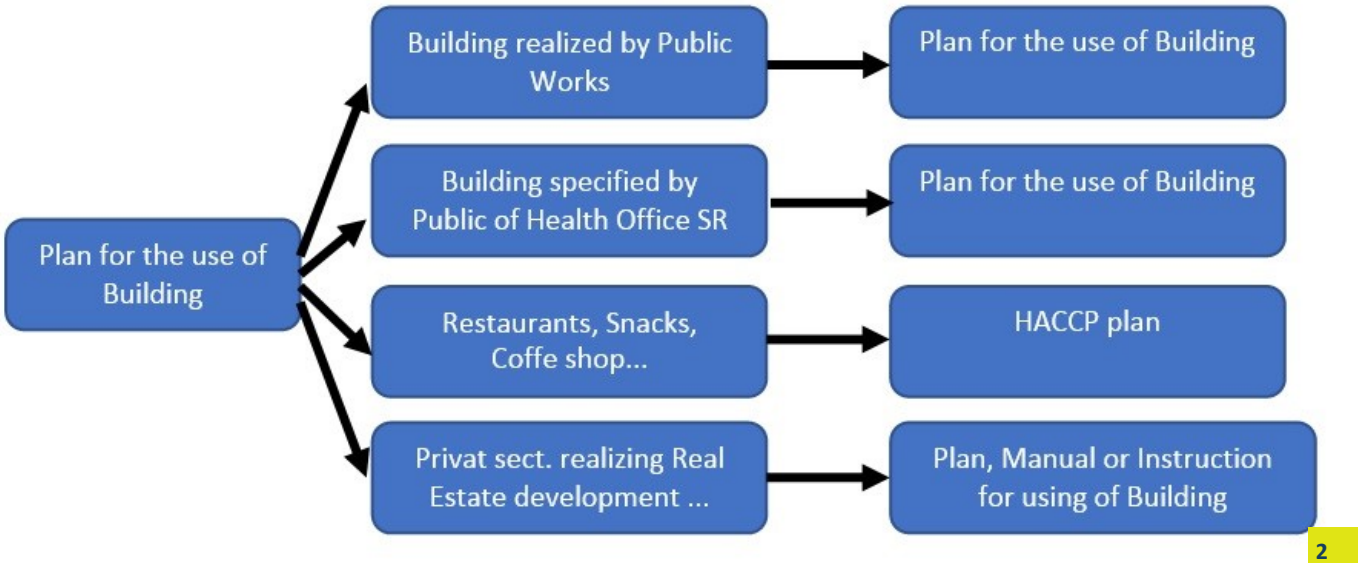
The next documents are publicly available requirements of the Public Health Office of the Slovak Republic. It presents patterns for selected types of buildings and spaces intended for the elaboration of the operating rules - plan for the use of building.

A specific type of operating rules - a plan for the use of spaces, can be also include a HACCP plan, designed for restaurants, snaks, cafes, etc ...

In the private sector, the analysis of the available documentation "operating rules – plan for the use of building" broadly included: copies of technical sheets and manuals for the use of facility/technological equipment. It should be noted that "only" copies of technical data sheets and use manuals do not form documentation of the operating rules – plan for the use of building.

Operating rules - the plan for the use of building

Each construction structure, the building is variously technically designed, technologically equipped and is specific. Therefore, the creation of documentation of the operating rules - the plan for the use of the building is individual for each building. The model for buildings implemented in the private sector can be buildings for which the legislative requirements mentioned above are already set. However, for the efficient use of the building and spaces, have to be supplemented with other information such as: warranty periods, user obligations, instructions for use of the facility/ equipment and other information.



2

Controling the Operating rules - the plan for the use of building

The control of the Operating rules for public works is performed by the state supervision in accordance with § 20 by the performance of state supervision already during the preparation of the Public Work. The fulfillment of the builder's obligation according to Act § 12 letter 1 point (a) which is set out above.

For selected types of establishments, eg: restaurant, refreshments, control of the HACCP plan is subject to the Public Health Office of the Slovak Republic and the Department of Hygiene. Business place is not permitted without the approval of the HACCP documentation.

The quality of the documentation is established during the operation of the building by other inspections such as: labor inspectorate, fire protection and other relevant state inspections.

Selected two examples for improving the documentation of the operating rules – the plan for the use of building:

- Users, tenants, owners do not know how to control and manage the technological equipment and facilites which have in their own spaces (smart buildings and spaces, etc.). Building managers, facility managers then explain the control of the devices. It is appropriate to supplement the documentation with instructions for use of various equipment and facilities.
- Insufficient information resulting from the user's obligations for the care and maintenance of equipment and facilities. This is associated with warranty periods or loss of entitlement to the damage.

Below are two examples of documentation that has been implemented:

- the Operating rules - Accommodation property,
- the Operating rules – Business centre, Office building.

The Operating rules - Accommodation property

The model is based on the legislative requirements of the Public Health Office of the Slovak Republic. The general and selected items necessary for the approval of the operating rules contain the following chapters for the accommodation property:

- identification data (name, registered office address, business name, ID number, VAT number, responsible person, contact, ...),
- type and method of providing services (in the sense of Act § 1 letters 2 h) to r) of the Decree of the Ministry of Health of the Slovak Republic no. 259/2008 Coll., Especially the requirements for the indoor environment of buildings, minimum requirements for lower standard flats and for accommodation facilities of property), method provision of services, capacity of the property, method of providing catering in the property, additional services for clients,
- property conditions and principles of health protection of visitors and employees of the property (dispositional and space solution of property, bed capacity of rooms, number of rooms with numbers beds, basic room equipment, personal hygiene equipment, equipment supply drinking water, service hot water, sewerage, connection of property to others engineering networks, ...),

- conditions to ensure the protection of the health of visitors to the property, employees,operating spaces, services resulting from 21 Act no. 355/207 Coll., Decree of the Ministry of Health of the Slovak Republic no.259/2008 Coll., Location of first aid kit, drinking water quality control, etc., všetci dodávatelia realizujúci drobnú rekonštrukciu, zamestnanci zúčastňujúci sa realizácie drobnej rekonštrukcie
- the method of storage and handling of bed linen and the frequency of its change,
- the manner and frequency of routine cleaning and general cleaning of the accommodation,
- disinfection procedure and frequency in personal hygiene facilities,
- the procedure for ensuring the destruction of animal pests,
- method of solid waste disposal, frequency of emptying waste containers, cleaning and disinfection,
- the frequency of detecting the presence of mite allergen.

The Operating rules - Business center, Office building

The analysis of the available Operating rules of Administrative buildings and Business centers usually includes the chapters for the Operating rules - the plan for the use of buildings as follows:

- identification data of the building, (name, address of the registered office, business name, ID number, VAT number, responsible person, contact, ...),
- building plan,
- security service, service organization, reception,
- opening hours,
- description of the spaces (sales, common areas, car park, outdoor areas, storages ...),
- rules of conduct (tenants, customers, suppliers),
- obligations of the landlord,
- the appearance of the spaces (eg: advertising rules),
- tenant, landlord insurance,
- supply,
- service companies (security service, cleaning, maintenance, emergency service),
- security: occupational health and safety, fire protection, safety and security service, including plans and directives evacuations,
- waste management, hazardous waste, environmental protection,
- energy security (alternative source of electricity) and the related electricity saving strategy. energy,
- control activities, audits,
- sustainability.

Conclusion

For the private sector, resp. buildings (which are not realized by Public Work) is an important and beneficial elaboration of the Operating rules - the plan for the use of buildings. Proper processing of documentation can prevent disputes in resolving complaints, damage events, warranty periods. With the current rapid development of technical and technological equipment, facilities and especially demanding control of these devices are necessary instruction manuals. Information, instructions and control methods are needed not only for users of the premises, but also for building, facility managers. This has an impact on energy savings, environmental protection, safety and health and other operational requirements of the building. The aim of the operating rules - the plan for the use of buildings is to operate the building as economically as possible, safely and with respect for the environment.

References:

[1] Zákon č. 254/1998 Z.z., Zákon o verejných prácach

[2] Úrad verejného zdravotníctva Slovenskej republiky

Authors:

- Ing. Richard Matúšek, PhD., Stavebná fakulta STU, Bratislava
- Ing. Martin Hanko, PhD., Stavebná fakulta STU Bratislava

Classification:

- Technical

Figures:

1: General example for Requirements of the Building

2: Types of "Plan for the use of the Building"

Vplyv tieniacich prvkov na potrebu energie na chladenie

Influence of Shading Elements on the Energy Need for Cooling

Jednotlivé konštrukcie budov s takmer nulovou potrebou energie musia spĺňať požiadavky podľa STN 73 0540 - 2 2012 + Z1: 2016 + Z2: 2019. Je preto potrebné minimalizovať potrebu energie na vykurovanie. Okrem potreby energie na vykurovanie má významný vplyv na celkovej potrebe energii aj energia na chladenie. Preto je potrebné navrhovať budovy s pasívnymi prvkami na elimináciu energie na chladenie. Jedným z týchto prvkov je tienenie transparentných otvorov. Tento príspevok sa zameriava na analýzu vplyvu tienenia na potrebu energie na chladenie. Jedná sa hlavne o analýzu v letnej sezóne. Počas letnej sezóny je potreba energie na chladenia čo raz viacej potrebná.

Kľúčové slová:

Tieniace zariadenia, Potreba energie na chladenie , Operatívna teplota, Teplota vzduchu

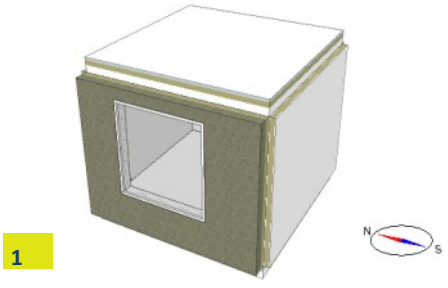
Keywords:

Shading devices, Energy need for cooling, Operative temperature, Air temperature

Structures of nearly zero energy buildings must meet the requirements in accordance with STN 73 0540 - 2 2012 + Z1:2016 + Z2:2019. It is necessary to minimize energy need for heating. In addition to the energy need for heating, the energy for cooling also has a significant effect. Therefore, it is necessary to design buildings with passive elements to eliminate energy for cooling. One of these elements is the shielding of transparent structures. This paper focuses on the analysis of the impact of shielding on the energy needs for cooling. This is mainly an analysis in the summer season. There is a significant energy need for cooling.

Introduction

The recast Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) stipulates that all new buildings built within the European Union after 2020 should reach almost zero energy levels. This means that all new buildings will demonstrate very high energy performance and their reduced or very low energy needs will be significantly covered by renewable energy sources. When designing a building, it is always necessary to design passive elements to eliminate the need for energy. The program ES – SO ESBO [1] was used for the given simulation. ESBO is the first simulation software fully endorsed by ES-SO and based on the calculation engine in IDA ICE - the market leading tool for simulation of energy and indoor climate in Northern Europe. With ES-SO ESBO the use of dynamic solar shading can be simulated according to the established ISO 15099 and EN ISO ISO52022/1 Standards. Worldwide, energy consumption in the building sector is responsible for 36 % of total energy use (corresponding to a 39 % of energy-related CO_2 emissions) [2,3], while at the European level, the energy consumption in the same sector accounts for a share of the total energy comprised between 25 % and 40 % (corresponding to about 35 % of CO_2 emissions throughout Europe) [4–6].



1

Description of the analysed model room - office

An office with a transparent construction was selected for the given analysis. (Fig. 1). It is a room with dimensions 4 x 4 m. The height of the room is 3 m. Transparent construction for an area of 4 m^2.

The basic concept for the building envelope was also used materials that meet the thermal technical point of view the recommended target values set out in the standard STN 73 0540-2: 2012 + Z1 + Z2 [7]. The total envelope of the family house (Fig. 1) is made up of perimeter walls, a ceiling under the attic, opening structures and a floor on the ground. A model without shielding elements and a model with shielding elements were used for the analysis. The shading elements were used as external aluminium blinds (Fig. 2,3). Climatic conditions were taken from the reference year for the city of Nitra.

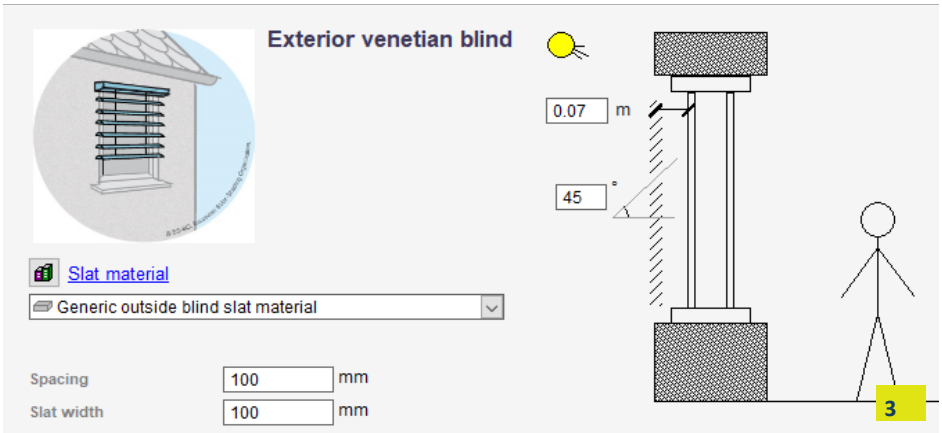
Tab. 1: Building input value

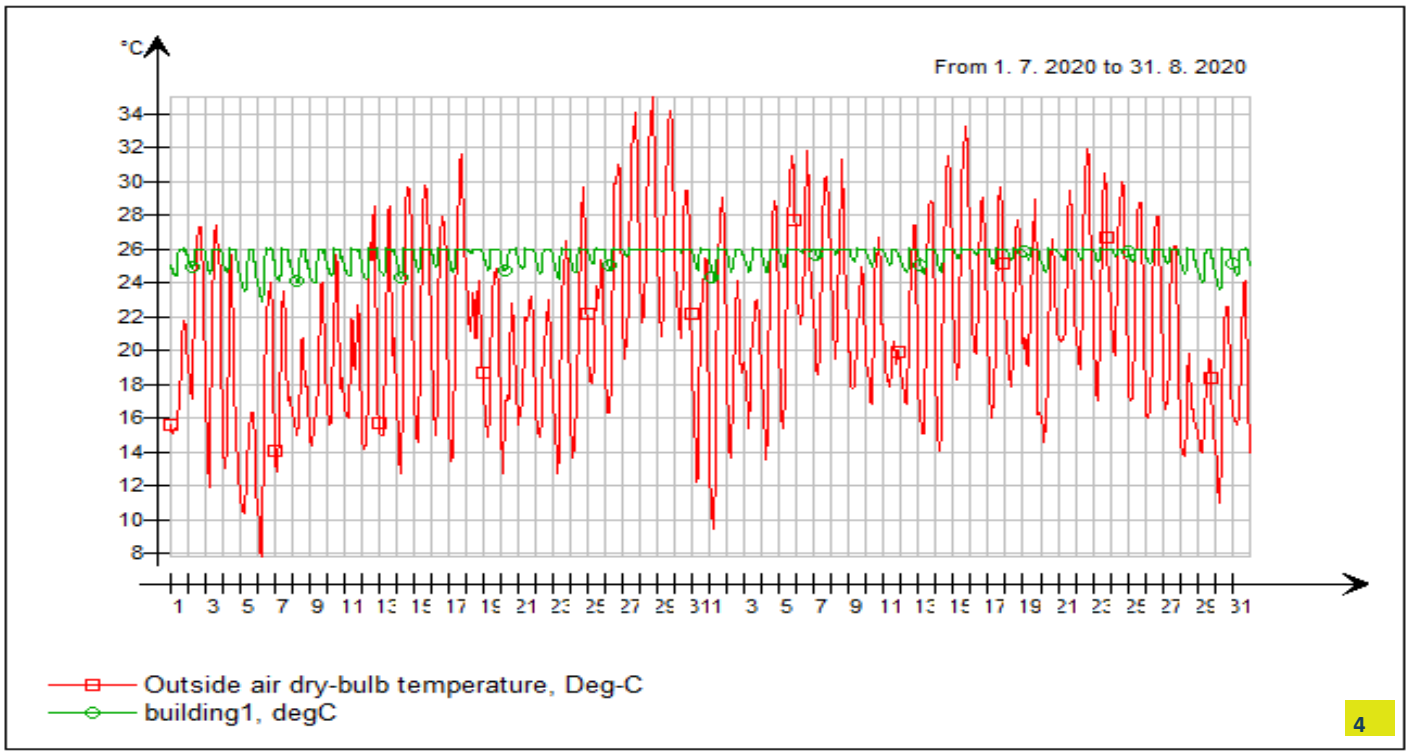
	Office room
Floor area	16.0 m^2
Envelope area	12.0 m^2
Window area	4.0 m^2
Volume	48.0 m^3
Envelope area per Volume	0.25 m^2/m^3

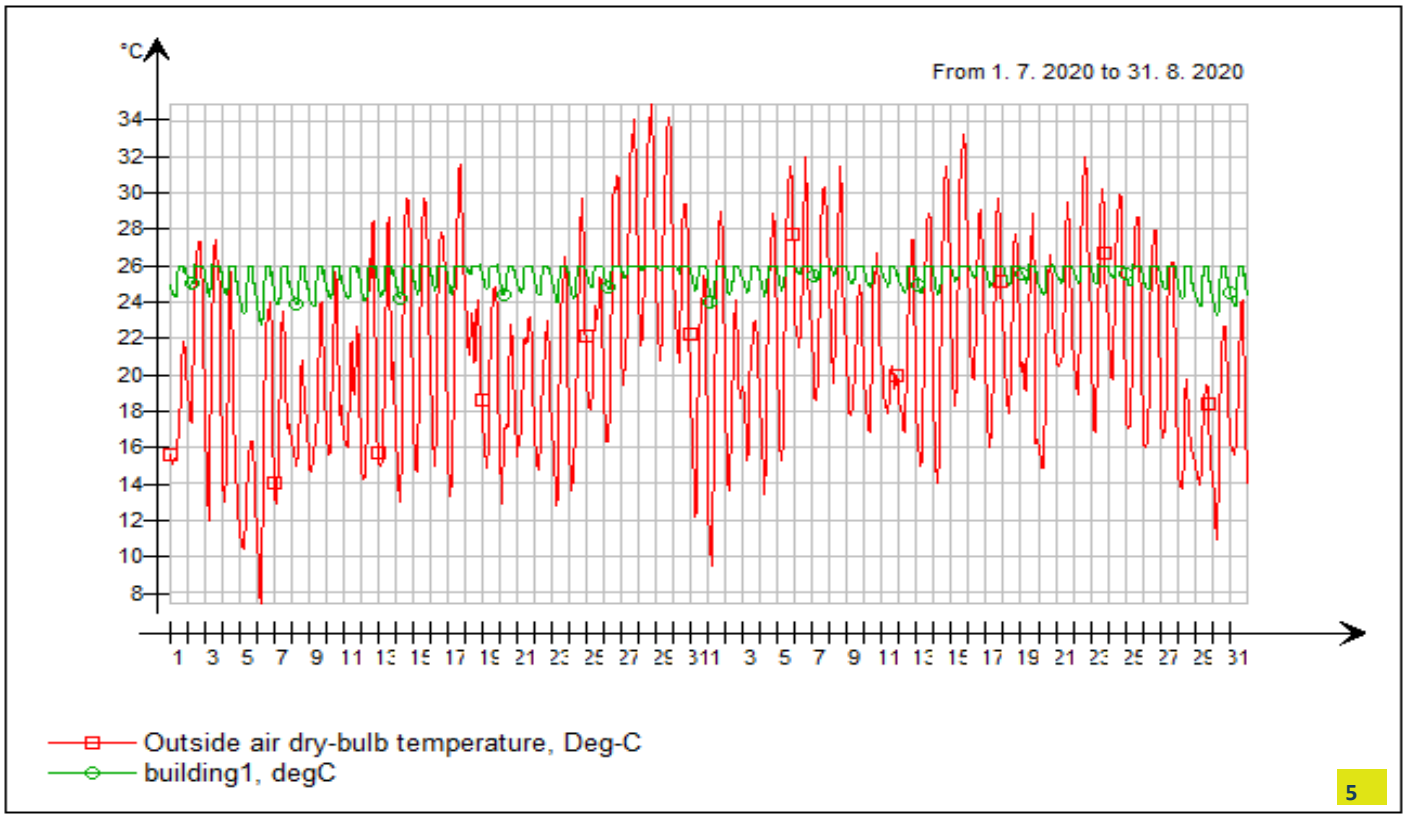
2

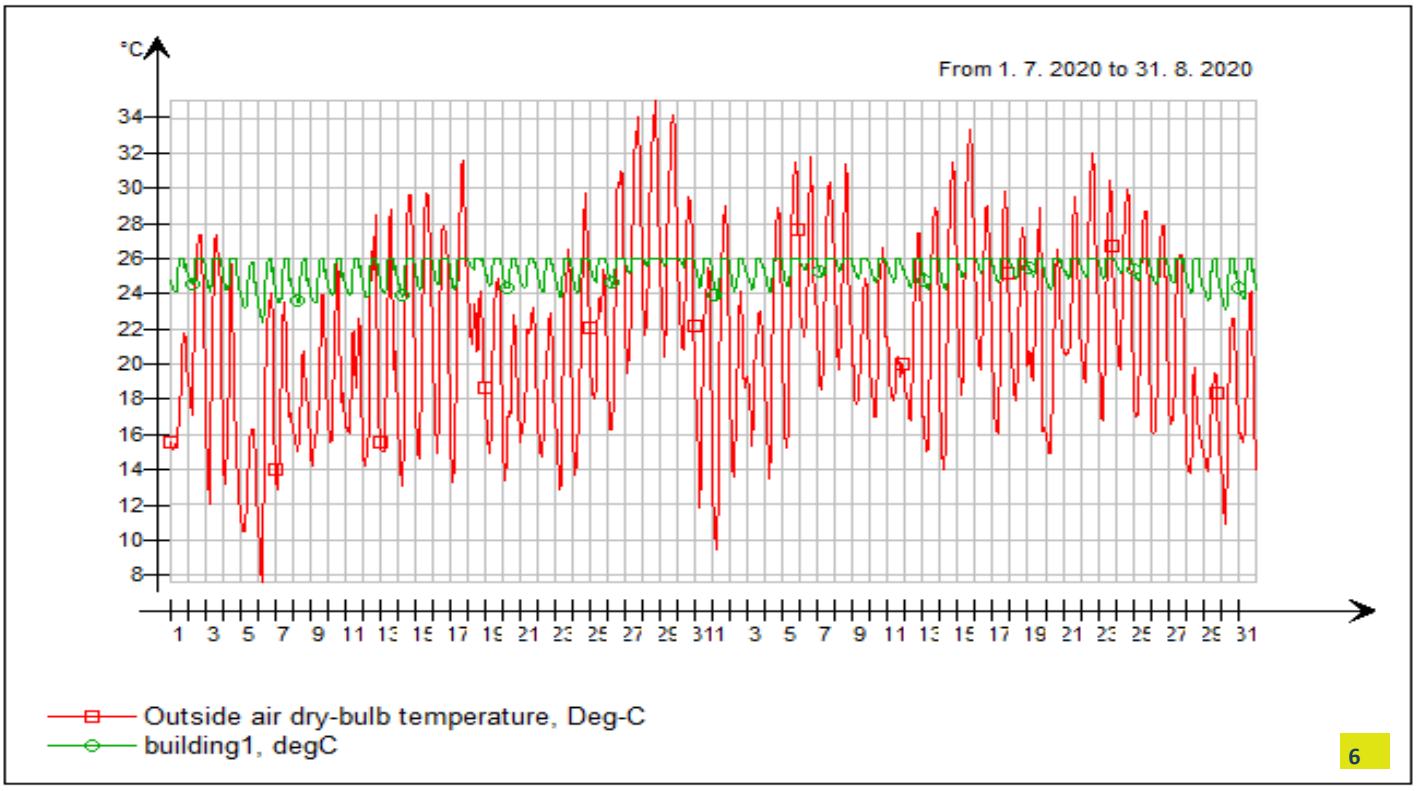
Results and discussion

The following figures show the results over the temperature range for each variant. Variant A represents the set temperature at 22 ° C. Variant B represents the set temperature at 24 °C. Variant C represents the set temperature at 26 °C. In addition to the change in the set temperature, the influence of the orientation of the transparent structure on the world sides was analysed. Table number 1 shows the energy need for cooling for all variants. Only the summer season was selected for the given analysis.

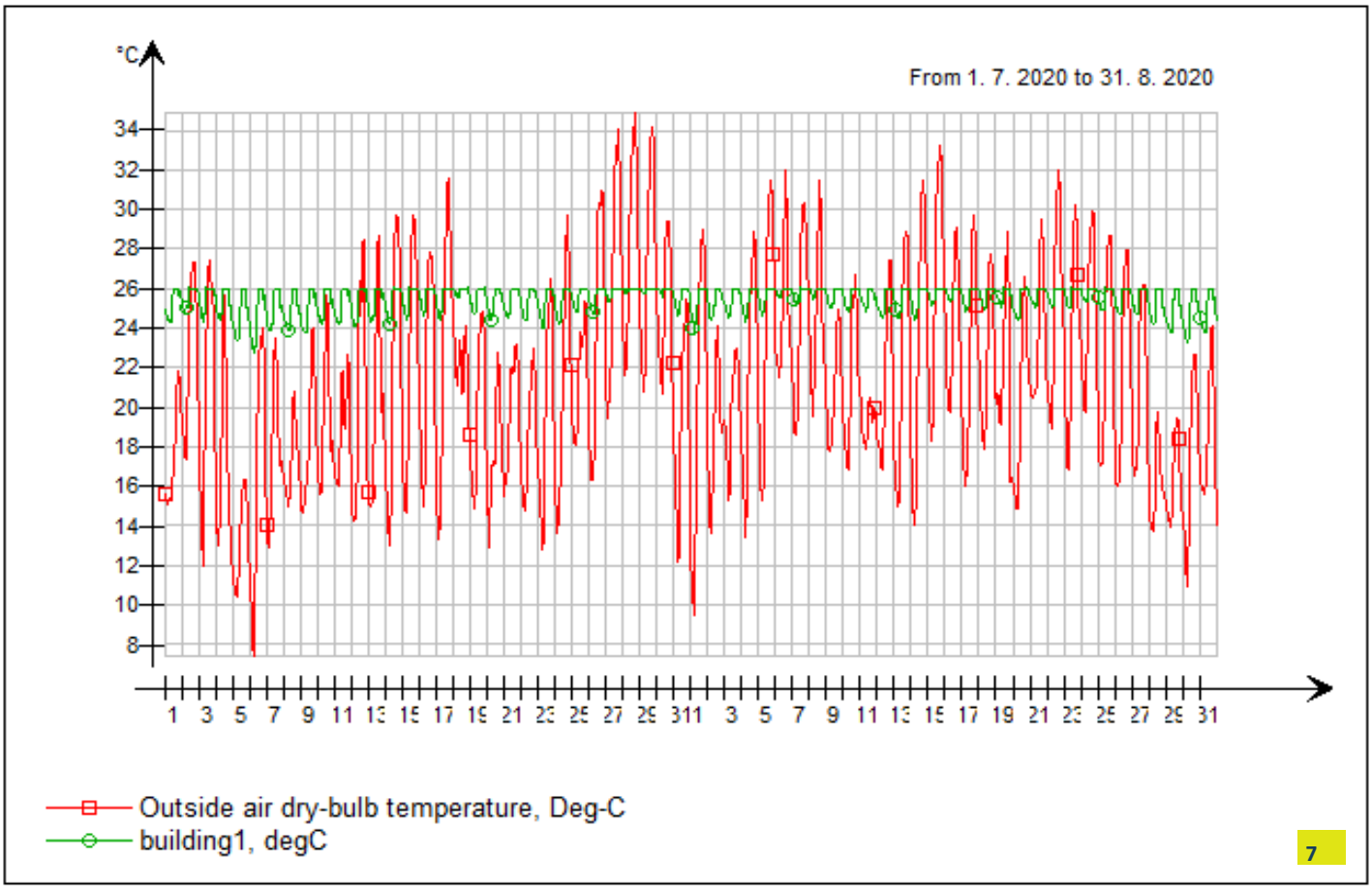








6

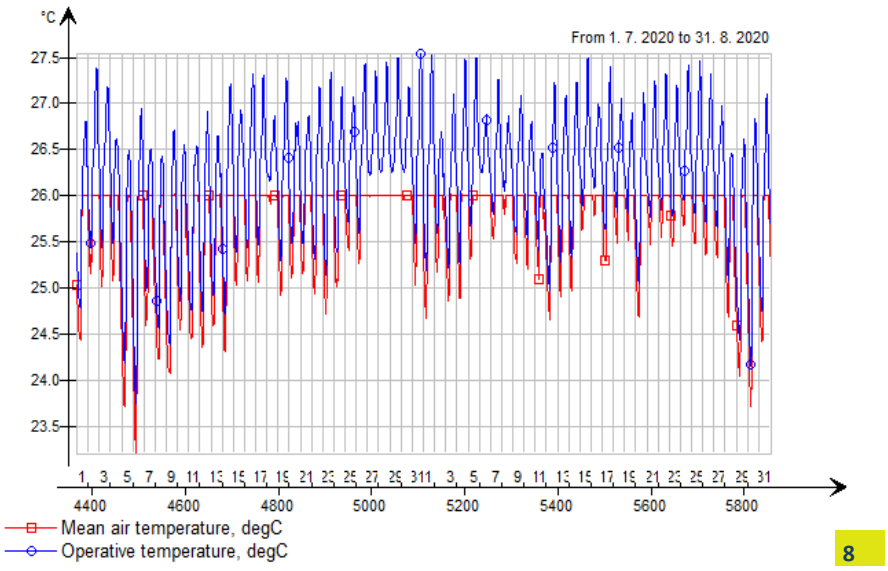


7

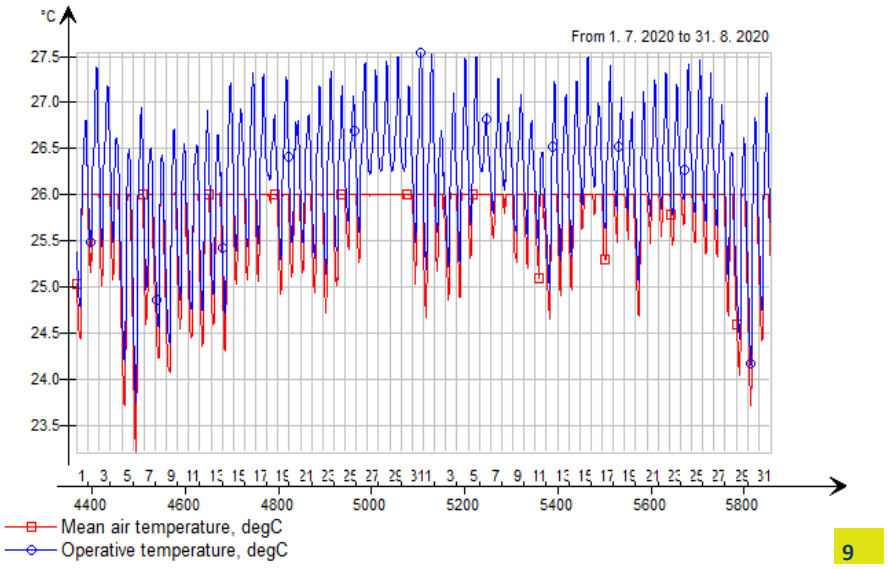
It can be seen from the previous figures that shading has a significant effect on the energy consumption for cooling. In the simulation, the shading was set according to solar energy. In addition to the reduced energy demand for cooling, the operating temperature itself is reduced. The following table number 2 and figure number 10 compare the cooling energy consumption for all variants.

Tab. 2: Comparison of energy consumption for cooling

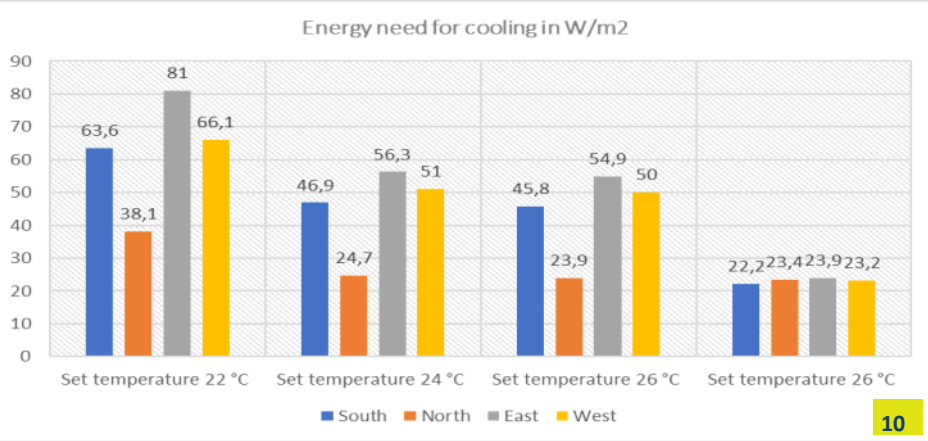
	Shading	Energy need for cooling in W/m²			
Orientation		South	North	East	West
Set temperature 22 °C	No	63,6	38,1	81	66,1
Set temperature 24 °C	No	46,9	24,7	56,3	51
Set temperature 26 °C	No	45,8	23,9	54,9	50
Set temperature 26 °C	Yes	22,2	23,4	23,9	23,2



8



9



10

Conclusion

The results show that proper use and proper shading system reduces the need for energy and cooling. Therefore, it is always necessary to think about shading elements when designing a building. Shielding elements can reduce energy need for cooling by almost 50 %. It is ideal to set the shading on according to solar energy. Such solutions are part of intelligent buildings. Autonomous systems are part of intelligent buildings and regulate shading according to the set internal conditions (temperature, daylight, CO_2).

This research was supported by the research project VEGA no. 1/0680/20 Slovak Technical University.

References:

[1] ES-SO ESBO: EARLY STAGE BUILDING OPTIMIZATION, https://www.es-so.com/tools/esbo (2020) .

[2] International Energy Agency (IEA). 2018 Global Status Report—Towards a Zero-Emission, Efficient and ResilientBuildings and Construction Sector Global Alliance for Buildings and Construction—UN Environment; International Energy Agency (IEA): Paris, France, 2018.

[3] International Energy Agency. CO2 Emissions from Fuel Combustion Highlights; International Energy Agency (IEA): Paris, France, 2017

[4] Tsemekidi-Tzeiranaki, S.; Bertoldi, P.; Labanca, N.; Castellazzi, L.; Serrenho, T.; Economidou, M.; Zangheri, P. Energy Consumption and Energy Efficiency Trends in the EU-28 for the Period 2000–2016; JRC Science for Policy Report; Joint Research Centre (JRC): Brussels, Belgium, 2018

[5] Energy Performance of Buildings EU. Statistics from European Commission on Energy Performance of Buildings. Available online: https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energyefficiency/energy-performance- of-buildings (accessed on September 4th, 2019)

[6] European Union. EU Energy in Figures Statistical Pocketbook; European Commission: Brussels, Belgium, 2017

[7] STN 73 0540-2 + Z1 + Z2, Thermal protection of buildings. Thermal performance of buildings and components. Part 2: Functional requirements

Authors:

- Doc. Ing. Rastislav Ingeli, PhD. , Faculty of Civil Engineering STU in Bratislava

Classification:

- Technical

Figures:

1: Analysed office room

2: Analysed office room with shading element

3: Configuration of shading element

4: Temperature profile for variant C - South orientation of transparent construction

5: Temperature profile for variant C - North orientation of transparent construction

6: Temperature profile for variant C - South orientation of transparent construction with shading element

7: Temperature profile for variant C – North orientation of transparent construction with shading element

8: Temperature profile for variant C – South orientation of transparent construction without shading element

9: Temperature profile for variant C – South orientation of transparent construction with shading element

10: Comparison of energy consumption for cooling

Melanopická osvetlenosť vnútorného prostredia budov

Melanoleptic Illuminance of the Indoor Environment of Buildings

Článok sa zaoberá výskumom a rozvojom problematiky nevizuálnych efektov melanopickej osvetlenosti a ich aplikáciou na cirkadiánny stimul v budovách. V úvode vysvetľuje biofyzikálnu podstatu melanopickej osvetlenosti a jej biologických účinkov na človeka. Článok zhŕňa požiadavky na správny návrh vybraných stavebných konštrukcií z hľadiska schopnosti stimulovať cirkadiánne rytmy človeka. Medzi vybrané stavebné konštrukcie, ktoré najvážnejšie dokážu ovplyvniť cirkadiánny potenciál budov, patria hlavne systémy zasklenia, tieniace systémy a farebnosť okolitých povrchov. Záver sa zaoberá zhrnutím možných stavebno-fyzikálnych opatrení na zabezpečenie cirkadiánneho stimulu v budovách. Cieľom článku je vytvoriť si prehľad, zhrnúť a vyvodiť dôsledky z vybraných výskumov v oblasti cirkadiánneho potenciálu budov.

Kľúčové slová:

Nevizuálne efekty svetla, Melanopická osvetlenosť, cirkadiánny stimul, Zasklenie, Tieniaca technika

This article deals with research and development of non-visual effects of melanopic light and their application to circadian stimulus in buildings. It explains biophysical nature of melanopic light and its biological effects on humans. The article specifies requirements for the correct design of selected building structures in terms of the ability to stimulate circadian rhythms of humans. Glazing, shading systems and the color of the surrounding interior and exterior surfaces seriously affect the circadian stimulus. In conclusion, it deals with a summary of possible building and physical measures to provide circadian stimulus in buildings. The goal of the article is to provide building designers with a review of research literature on non-visual effects of light that is comprehensive, evaluative, and up to date.

Keywords:

Non-visual light effects, Melanopic illuminance, Circadian stimulus, Glazing, Solar shading

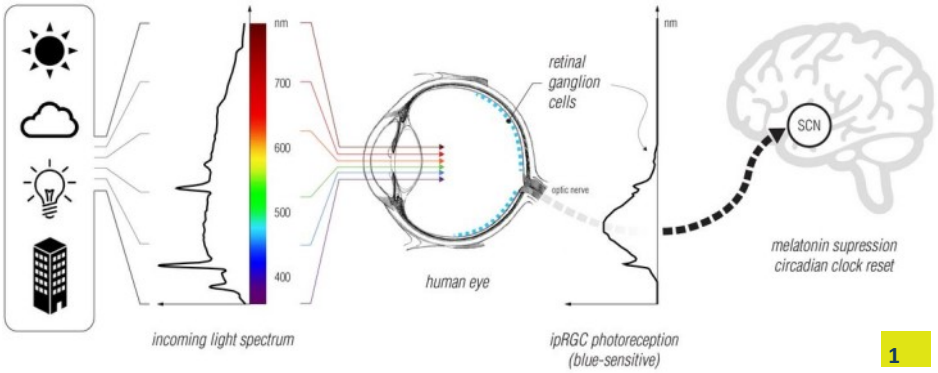
Introduction

Planning biological effects on humans is a very thorough process. Daylight has been influencing human biological rhythms for millions of years. The human biological clock is synchronized with visible light in the suprachiasmatic nuclei of the hypothalamus in an approximately 24-hour solar cycle. The shortwave spectrum of visible sunlight, in the blue light zone, is the most common stimulator of the circadian system in the vast majority of people. As people of modern civilization currently spend more than 80% of their time indoors, it is essential to ensure the required quality of the indoor environment of buildings, also in terms of melanopic lighting. [11]

Melanopic illuminance belongs to the non-visual light effects on human, which can have a positive or negative impact on our circadian rhythms, to support daily productivity, but also night sleep. In the short term, melanopic visual illumination can increase our attention and level of alertness. Melanopic illuminance affects a number of physiological and psychological processes in the human body, with specific manifestations depending on the type of human activity, age and health. In addition to light sources, melanopic illuminance is influenced by the spectral properties of transparent materials and the color treatment of non-transparent interior and exterior surfaces. [7]

Biophysical nature of melanopic light efficiency

Light is defined as any electromagnetic radiation that can produce visual sensation by direct stimulation of the retinal photoreceptors of the visual system. Melanopic light stimulates the non-visual effects on the human body, in the form of biological rhythms. It is perceived by photosensitive retinal ganglion cells (Intrinsically photosensitive retinal ganglion cells - ipRGC), whose inner photosensitivity is based on photopigment melanopsin. Non-visual perception creates a stimulus in the brain according to which the biological clock is set. [10]

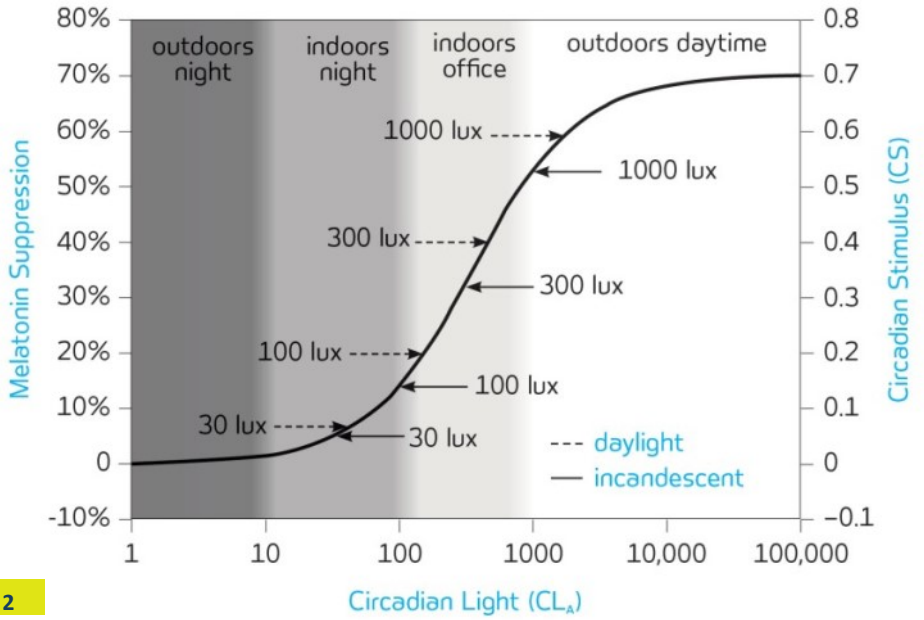


1

Influence of building materials on melanopic illuminance in buildings

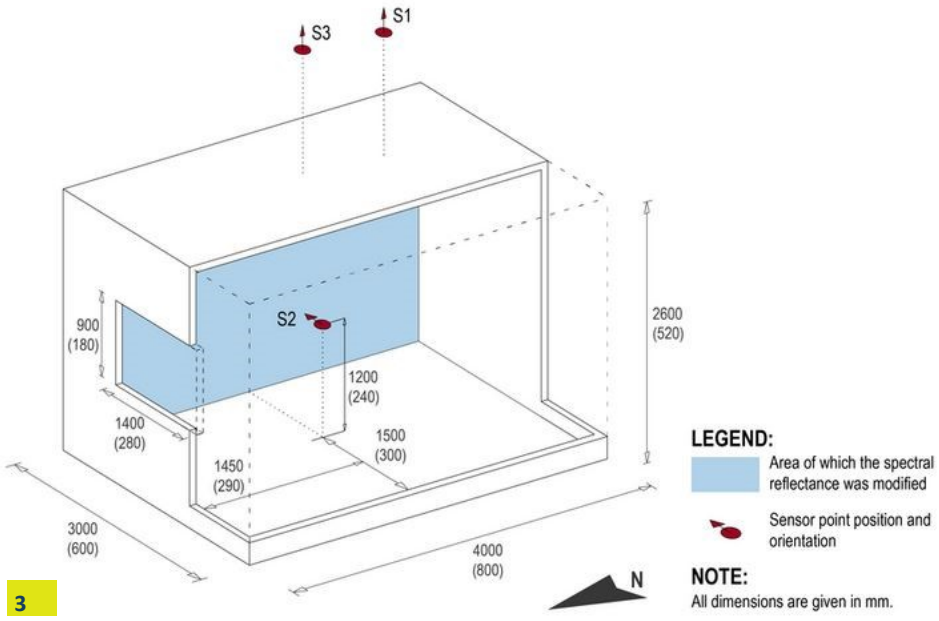
Solar radiation control systems have been primarily developed to ensure thermal and visual comfort in the indoor environment of buildings.

If phenomena such as overheating, excessive glare or unpleasant brightness are intensively regulated, there is a risk of biological darkness in the indoor environment of buildings. The influence of optical-physical properties of building materials can significantly affect the composition of the light spectrum, which plays an important role in the ability of circadian stimuli, despite the sufficient intensity of light radiation in space. In addition to the influence of the spectral properties of light sources on the non-visual effects of light on humans, building materials and structures have the second most significant influence on these effects. Improper design of building structures, such as glazing systems, shading devices and coloring of surfaces of walls, ceilings and floors, can affect the character of the circadian properties of the space. In particular, filtering out the components of the shortwave light spectrum causes the level of productivity in workspaces and learning areas to decrease and the level of resentment or excessive sleepiness to increase. On the contrary, a strong concentration of shortwave light radiation in the rest areas can cause excessive stress, sleep disorders and related disorders of regeneration of the whole organism. By a suitable choice of materials and color treatments of surfaces, it is possible to influence the circadian stimulus, increase work productivity, or ensure suitable conditions for relaxation. [3]



2

The basic optical properties of glazing include transmittance, absorption, reflectance of materials and emissivity of solar radiation. The solar parameters of building glazing can be improved in various ways, such as application of low-emission metal coatings, lamination of glasses (double glazing, triple glazing), application of noble gases instead of air layers between glasses, staining of glasses with metal oxides and other innovative methods. We know clear, reflective, absorbing, low-emission, heat-insulating, acoustic, safety, fire -retardant and special glasses, which have significantly different optical properties depending on the type of geometry and chemical composition. Several scientific studies [3] [7] [8] have dealt with the evaluation of the influence of different commercially available types of glazing on the resulting indoor environment, the most frequently investigated being the influence of thermal insulating double glazing and triple glazing with or without low-emission layers. The examined types of glazing differed by the characteristic light transmittance τv, the solar energy transmittance (solar heat gain coefficient) g and the color rendering index CRI. The methodology according to CIE S 026 / E: 2018 [1] and CIE TN 003: 2015 [2] is usually chosen as the measurement methodology.



3

Influence of glazing on melanopic illuminance in building interiors

The influence of the optical properties of glazing changes the visual and non-visual properties of daylight during the entire day's cycle.

The results of research [3] [7] [8] of the influence of glazing on melanopic illuminance of buildings have shown the following facts:

- the spectral properties of the glazing significantly affect daylight in terms of melanopic illuminance,
- increasing the value of the light transmittance τ_v of common types of glazing, which only slightly changes the spectral transmittance, has a positive effect on the non-visual effects of light,
- highly colored glass significantly reduces the value of the color rendering index *CRI* of the transmitted light and consequently the non-visual potential,
- in the case of the use of highly colored types of glazing in order to prevent overheating of buildings, it is more advantageous from the point of view of non-visual effects to use glazing colored in the shortwave area of the light spectrum than glazing colored in the longwave area,
- the coloring of glazing in combinations of warm colors such as orange, red and bronze results in an unacceptably low value of non-visual potential, despite the high intensity of daylight ,
- in terms of the average intensity of eye illumination during the day,

the direction of the observer's gaze significantly affects the non-visual potential of the room. This direction is often not fixed and may vary according to the point of interest, which raises the assumption that the contribution of the non-visual effect of glazing increases with even distribution of transparent surfaces around the perimeter of the room,

- in terms of the quality of the indoor environment in buildings, spectral neutral glazing should be used as far as possible, with the highest possible value of light transmission τ_v.

Influence of the coloring of wall, ceiling and floor surfaces on melanopic illuminance of buildings

Just as different types of glazing affect the non-visual effects of light, so the color of the surfaces of walls, ceilings and floors will have their place in the field of the circadian stimulus. The color of the surfaces has a significant effect on the melanopic illuminance, as it can directly affects some part of the light spectrum if color-neutral shades of white and gray are not taken into account. Standardizing the color of interior surfaces for the purpose of measuring melanopic efficiency is a complicated process, due to the large number of color shades that exist and due to the non-existent recommendations concerning color selection. Therefore, the most characteristic groups of color shades are compared: 5 chromatic - purple, blue, green, red and orange, and 1 monochrome - gray. The optical characteristics of different shades are expressed using the reflectance function ρ_v. [8]

The influence of color on melanopic efficiency can be evaluated by relative melanopic efficiency coefficient (*RME*). Melanopically weighted lighting can be determined using the following relationship:

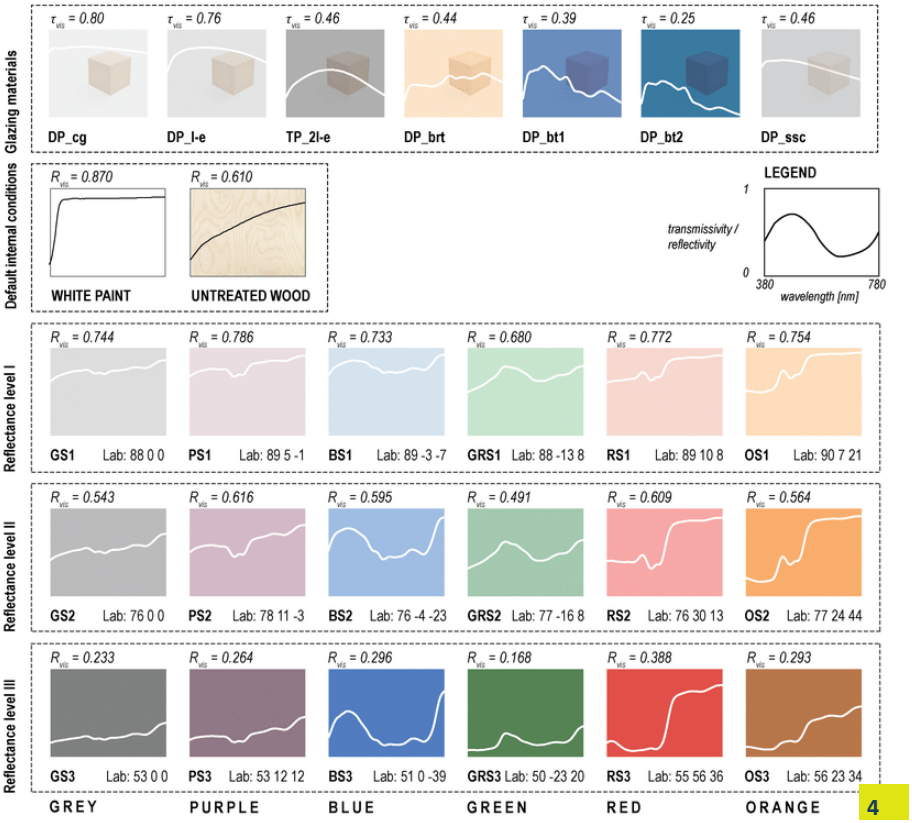
$RME = E_m / E_v$,

where E_m is equivalent melanopic illuminance [lx] and E_v is photopic illuminance [lx].

When comparing the individual effects of surface color on non-visual light effects, the following facts were found [3] [7] [8]:

- visible light reflectance ρ_v is the optical property of internal surfaces which has the most serious effect on melanopic efficiency,
- the reduction of reflectivity increases the influence of the color of the surfaces on the melanopic efficiency, because with lower reflectivity it is possible to select more light spectrum, not taking into account the color-neutral shades of white and gray,
- the difference between the melanopic effect of the shades of purple and green is almost minimal compared to the monochromatic shades of white and gray,
- in the case of shades of blue, a positive effect on melanopic efficacy is found (the *RME* coefficient is above 1.0 value),
- in the case of shades of red and orange, on the other hand, a negative effect on melanopic efficiency is found (the RME coefficient is below 1.0 value).

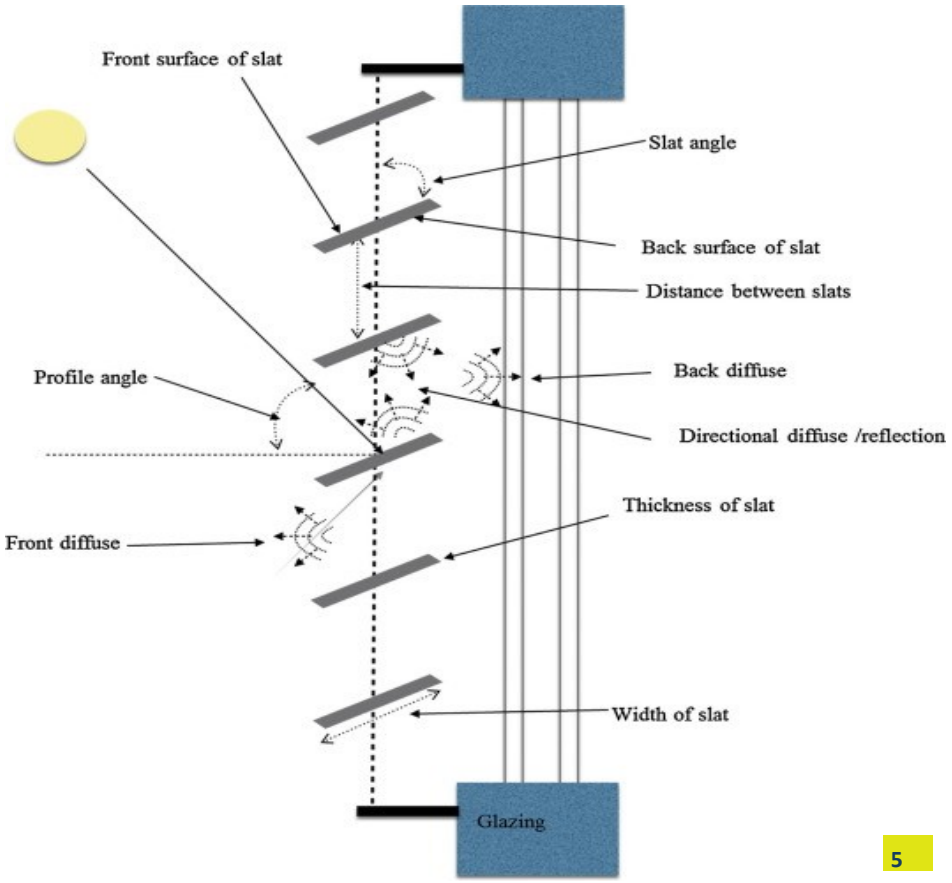
Influence of solar shading systems on melanopic illuminance of buildings



Building solar shading systems are primarily designed to reduce the energy performance of buildings, especially in the summer, but also to control the visual comfort of the indoor environment of buildings. There are a number of types of shading devices that can be placed indoors, outdoors or integrated into transparent structures and each of them affects the melanopic illuminace of indoor environment differently:

- fixed: fixed brackets, slats, grilles, glazing as sun visors,
- dynamic: sliding or rotating slats, blinds, awnings, blinds, shutters, sliding slat panels, textiles, dynamic facades, kinetic solar skins,
- innovative: special glazing (photovoltaic, electrochromic, laser cut panels), solutions based on redirection and refraction of solar radiation (prismatic glazing, holographic coatings, specially treated blinds), translucent textiles and foils, microstructures on the glazing surface, nanotechnology. [5]

When the shading device interacts with the glazing, its energy and visual efficiency is assessed. The shading systems influence the value of the total solar energy transmittance with solar shading gtot and the total light transmission with solar shading τv,tot. The ways in which shading systems affect these values are reflectance, absorbance, redirection and selection of solar radiation, and their combinations. The effectiveness of the shielding system elements depends on: positions (interior, exterior, integrated in the glazing), type (blinds, shutters, textiles, stretch marks, ...), geometry (shape of the slats, thickness and width of the slats), inclination angle (rotation of the slats), distances (distance of slats, distance from glazing), material (thermal conductivity), surface treatments (absorption, reflectivity, transmittance, emissivity), roughness, coloring. [5]



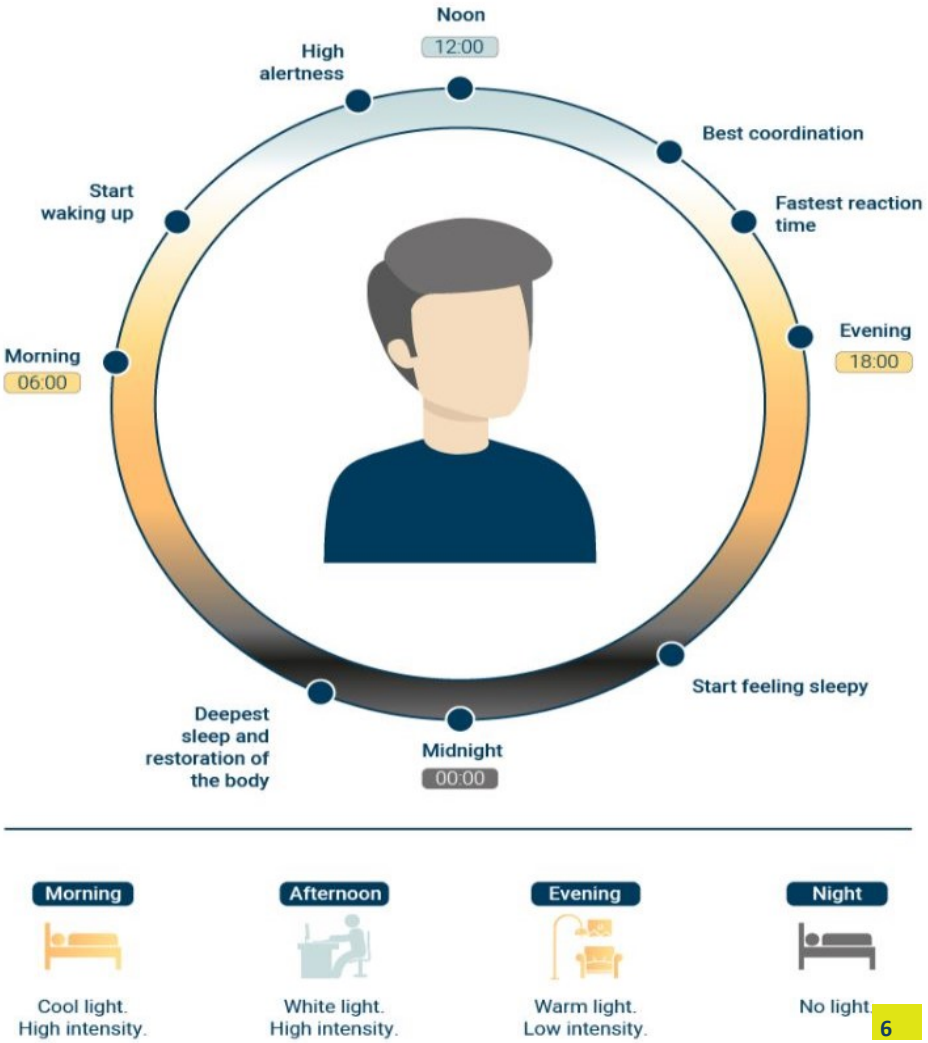
5

Due to the unexplored state in the field of the influence of shading devices on melanopic efficiency, it is possible to assume the following :

- $\tau_{v,tot}$-value (total light transmittance) has the most significant effect on the melanopic efficiency of solar shading,
- by increasing the total light transmittance $\tau_{v,tot}$, the glazing system with solar shading assumes that the melanopic potential will also increase,
- the effect of the surface coloring of shading device on the melanopic efficiency will depend significantly on the position of the shade and on the coloring of the glazing,
- if one of the shading devices is neutral colored (white, gray) and the other is spectrally colored (red, green, blue), it is assumed that the surface coloring of the interior shading will have a more significant effect on the melanopic efficiency than surface coloring of the exterior shading,
- red and orange color shades of interior shading such as heavy textile curtains, will reduce the melanopic potential of the room and on the contrary, shades of blue color will increase the non-visual light effect,
- reflectivity ρ_v of the shading devices will be the optical property which will have the most significant effect on the melanopic efficiency, not taking into account the glazing system,
- increasing of the melanopic efficiency will depend significantly on the ability of the shading device to redirect solar radiation to dark parts of the room with a deficiency of daylight,
- dynamic shading devices have better assumption to stimulate the melanopic effects of light, especially in parts of year of daylight deficiency,
- great potential of mobile shading devices are possibility of setting a timing system for light exposure during the day,
- automatic solar and daylight control systems will play an important role in the correct timing of the human body melanopic stimulus (mainly into non-residential buildings).

Proposal of building structures measures against biological "darkness" in buildings

Incorrect design of building material parameters in terms of non-visual effects on humans, can cause the biological darkness in indoor environment, as well as very dense built-up areas and very deep interior spaces. In many technologically advanced countries humans spend almost 90 % of their lifetime in the indoor environment of buildings.



6

It is very necessary to design the indoor environment so that it is possible to maintain healthy human biological functions that have been affected by daylight for millions of years. Commonly used artificial electric lamps in most cases do not contain a suitable spectrum to stimulate the human circadian system. Beneficial effect of building materials on melanopic efficiency is especially important at a time when there is a perceived daylight deficit.

When implementing measures against the biological "darkness", the method of individual operations of rooms must be constantly taken into account. For a typical well-rested (regularly sleeping) individual, only a light circadian stimulus is sufficient in the early morning hours, compared to a non-rested individual. An earlier time of awakening also causes an earlier time of onset of sleep. Attenuation of stimulus in the evening has a positive effect on the quality of sleep. Sufficient intensity of white light during the day reduces the level of sleepiness and increases work productivity. Exposure to some light intensity in the near past has a significant effect on the circadian stimulus. Higher levels of light exposure during the day cause that the sensitivity of the circadian system is reducing during the day. According to circadian stimulation, a characteristic course of the day could be divided into 3 discrete day periods:

- between 06:00 and 10:00 (circadian reset - extensive daylight needed),
- between 10:00 and 18:00 (daylight have encouraging effects),
- between 18:00 and 6:00 (exclusion of height daylight intensity). [3]

The need for building structures measures to provide circadian stimulus in buildings must be considered from the very beginning of the design of a new building or space, or the reconstruction or renovation of an existing building or space. Parameters which can affect the circadian stimulus in the early initial stages of building design are e.g. shape and form of the building, size and position of openings of transparent structures, net heights of rooms, correct design of shading devices and glazing, coloring of surfaces of indoor structures of walls, ceilings and floors, reflectivity of visible light of building structures etc. The following measures to ensure melanopic effectiveness may be followed by the selection of building materials (these recommendations apply to areas with long-term residents):

- not to suggest deep dispositions with a daylight deficit,
- increase the percentage of transparent building structures in relation to all peripheral areas of the building,
- when renovating and modernizing, do not to try to reduce the net heights of rooms,
- give priority to the design and implementation of building structures surfaces in a room with neutral color shades (white and gray),
- to exclude, as far as possible, the design of warm shades surface coloring (red and orange) in the workplace,
- design, as far as possible, optically neutral glass systems, without any inner coloring,
- if tinting of glass systems is required, it is more appropriate to use shades of blue color than shades of red and orange color,
- seek to illuminate the indoor spaces as much as possible, including through the use of innovative methods,
- avoid the use of fixed shading systems in geographical areas with reduced solar radiation intensity during the year,
- to design the reflectivity of surface structures to such an extent that it is required to redirect the lighting to dark parts of rooms. [4]

Conclusion

The scientific definition of the melanopic effect of light on humans in buildings is constantly the subject of research, and many contexts of the interaction of daylight and building materials have not yet been explored. The effort is to create harmless spaces, ensure the indoor environment quality and thus increase work efficiency. The incorporation of melanopic illuminance into national legislation is currently at the level of scientific discussions and results in inconsistent types of metrics and research methods in this field. When researching a broader context, such as the influence of building materials on the melanopic potential of spaces with long-term residents, it is possible to formulate conclusions and then incorporate them into technical standards. Shading devices as a building element can have a significant potential for melanopic efficiency due to the possibility of redirecting solar radiation to dark parts of the room. This issue deserves concentrated applied scientific research, which will also bring sufficiently verified data for the practical design of daylight, as well as artificial and combined lighting.

Acknowledgment

This contribution was supported by research projects APVV-18-0174 and APVV-16-0126.

References:

[1] CIE S 026/E:2018 CIE System for Metrology of Optical Radiation for ipRGC-Influenced Responses to Light 2018

[2] CIE. CIE TN 003: Report on the First International Workshop on Circadian and Neurophysiological Photometry, 2013 2015.

[3] KONIS, K. AND SELKOWITZ, S. Effective Daylighting with High-Performance Facades, Emerging Design Practices. 2017. Vol. 269. ISBN 978-3-319-39463-3.

[4] KONIS, K. A novel circadian daylight metric for building design and evaluation. In Building and Environment. 2017. Vol. 113. ISSN 0360-1323.

[5] European solar-shading organization, ES-SO. SOLAR SHADING FOR LOW ENERGY AND HEALTHY BUILDINGS. 2018. vol. 60.

[6] GLAMOX. Light technology HUMAN CENTRIC LIGHTING. online: <https://www.elt.es/en/human-centric-lighting>.

[7] POTOČNIK, J. et al. Occupant perception of spectral light content variations due to glazing type and internal finish. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 296. ISSN 1755-1315

[8] POTOČNIK, J. - KOŠIR, M. Influence of commercial glazing and wall colours on the resulting non-visual daylight conditions of an office. In Building and Environment. 2020. Vol. 171. ISSN 0360-1323

[9] SOLEMMA. Adaptive Lighting for Alertness A new circadian lighting design software. online: <https://www.solemma.com/Alfa.html>.

[10] International Commission on illumination, CIE, statement on non-visual effects of light recommending proper light at the proper time. In Light and Engineering . 2015. Vol. 23. ISSN 0236-2945

[11] WAHL, S. et al. The inner clock-Blue light sets the human rhythm. In Journal of Biophotonics . 2019. Vol. 12. ISSN 1864-0648

[12] FIGUEIRO, M.G. et al. The impact of daytime light exposures on sleep and mood in office workers. In Sleep Health 2017. Vol. 215. online:<http://dx.doi.org/10.1016/j.sleh.2017.03.005>

[13] SINGH, R. et al. Uncertainty and sensitivity analyses of energy and visual performances of office building with external venetian blind shading in hot-dry climate. In Applied Energy .2016. Vol. 184.online: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.10.007>

Authors:

- Ing. Tomáš Josai, Faculty of Civil Engineering, STU, Bratislava

Classification:

- Scientific

Figures:

1: Human circadian biophysics [9]

2: Circadian stimulus versus circadian light [12]

3: Representation of the office model geometry with corresponding position of sensor points used in the experiments and/or simulations. [8]

4: Examples of the optical properties of glazing types, material finishes and wall cover color samples. [8]

5: Schematic of venetian blind model with geometrical and optical properties. [13]

6: Illustration of the need for intensity and type of light spectrum during the day for the proper functioning of human biological rhythms. [6]

Stavebno-technické posúdenia – o úroveň vyššie!

The Construction-Technical Assessment – Level up!

1

Stretávame sa s dopytmi na stavebno-technické posúdenia (či už budov alebo spevnených plôch) pri návrhu ich rekonštrukcie alebo asanácie. Týka sa to budov/konštrukcií, ku ktorým sa nezachovala úplná alebo hodnoverná dokumentácia alebo si stavebník (pôvodca budúceho odpadu) chce byť istý aký typ odpadu vznikne (ostatný alebo nebezpečný) a prípadne či sa dá zhodnotiť, akým spôsobom a ako ho ideálne monetizovať. Z klasických prieskumov, ktorých cieľom spravidla býva zistiť skladbu konštrukcií a prípadne ich aktuálny vlhkostný stav alebo základné mechanické vlastnosti, vďaka legislatíve i uvedomelosti stavebníkov a projektantov, posúvame stavebno-technické posúdenia o úroveň vyššie. Určujeme nielen základné parametre, ale v prípade rizika spracovávame aj Audit odpadu. Analyzujeme prítomnosť nebezpečných látok a fyzikálne vlastnosti pre optimalizáciu manipulácie a spôsob i miesto zhodnocovania.

Kľúčové slová:
Stavebno-technické posúdenie, Audit odpadu, Nebezpečný odpad, Azbest, Ťažké kovy, Nepolárne extrahovateľné látky, Diagnostika

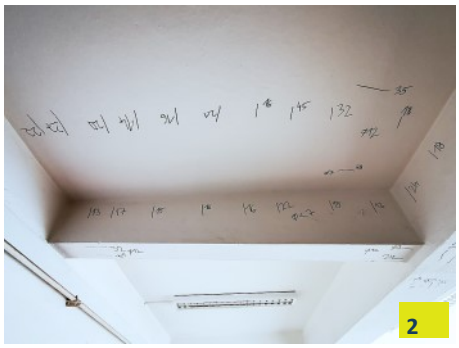
We face the demand on construction-technical assessment (whether the buildings or hardened surfaces) within designing of their rehabilitation/reconstruction or demolition. It deals with the structures without any complete or trustworthy drawings or the investor (future waste owner) simply wants to be sure what class of the waste will originate (normal or dangerous waste) and whether it can be recycled, which way and also how to monetize it in ideal way. From the standard surveys, which aim, generally, is to determine the material composition, eventually also their current moisture and fundamental mechanical performances, thanks to legislation and awareness of the investors and designers as well, we shift the construction-technical assessments level up. We determine not only the fundamental characteristics, but in case of any risk we work out also the Waste Audit. We check the presence of the dangerous substances and physical performances of the material in order to optimize its manipulation, way and location of recycling.

Key words:
Construction-technical assessment, Waste audit, Dangerous waste, Asbestos, Heavy metals, Non-polar extractable substances, Diagnostics

Stavebno-technické posúdenia, ako sa bežne chápu...

Za niekoľko rokov pôsobenia v oblasti diagnostiky, skúšobníctva, poradenstva a expertíz či už pri príprave investičných zámerov alebo v realizácii sme sa stretli s rozličnými predstavami a zadaniami týkajúcimi sa stavebno-technických prieskumov. Vymenovávať všetky nemá zmysel. Práve naopak, predstavíme tie, ktoré sa opakujú najčastejšie.

- Diagnostika ŽB konštrukcií v zmysle určenia spôsobu vystuženia prvkov, ich geometrie a vlastností betónu.
- Zistenie vlastností nosných konštrukcií – s cieľom získať podklady pre statika na určenie únosnosti / možného priťaženia konštrukcie.
- Určenie materiálovej skladby, mechanických vlastností a základných tepelno-technických vlastností.
- Určenie hrúbok a skladby konštrukcií a na základe toho množstva odpadu.
- Zistenie prítomnosti nebezpečných látok/ nebezpečného odpadu.


2

3

4

5

6

Z uvedeného možno odvodiť, že motivácia k stavebno-technickému prieskumu závisí od stavebného/investičného zámeru a samozrejme aj od toho, kto je objednávateľom. Investor zvykne mávať podstatne strohejšiu špecifikáciu tak, aby splnil nevyhnutné minimum vyžadujúce zákonom. Architektonický ateliér / projekčná kancelária, naopak, zvyčajne žiada presnejšie spracovanie, aby aj projekt súčasného stavu a búracích prác bol presnejší. Najkomplikovanejšie situácie nastávajú ak stavebno-technické posúdenie požaduje projekčná kancelária, ale vyžiada si „stavebno-technické posúdenie“ u investora. Pokiaľ nie je skúsený a neprebehne správne odkomunikovanie požiadaviek s projekčnou kanceláriou, môže sa stať, že v stavebno-technickom posúdení sa nevyskytnú zistenie/ informácie, ktoré boli pre projekčnú kanceláriu dôležité. Pritom spracovateľ prvého stavebno-technického posúdenie nijako nepodcenil situáciu a vo svojej podstate odviedol dobrú prácu. Všetky závery boli po technickej stránke správne, no neodpovedali na otázky projektanta...

Preto, vždy pri riešení stavebno-technických posudkov, komunikujeme obsah a rozsah zisťovania/prieskumu ako s projekčnou kanceláriou, tak aj s investorom. Cenové ponuky vždy zahŕňajú rôzne varianty zisťovanie, ktoré sú následne predmetom vecnej diskusie a precizovania rozsahu.

Iste ste si všimli, že doteraz sme sa len okrajom zmienili o odpadoch a nebezpečných látkach. Nie, že by neboli dôležité, avšak stretli sme sa len s málom uvedomelých zákazníkov, pre ktorých sme podobné prieskumy riešili, jedná sa o Penta Real Estates, Immocap Group a z architektonických kancelárií to je Pantograph. Vo väčšine prípadov bol záujmovou látkou azbest. Ten však nie je jediný... Nie je, ale vyskytuje sa v stavbách častejšie, ako by sme očakávali. Uvádza sa to aj v [4]. Údržba a rekonštrukcia verejných budov, pri výstavbe ktorých sa použil azbest, stále predstavuje značné riziko kontaminácie. V školách a škôlkach, zariadeniach sociálnych služieb, úradoch kancelárskych, či administratívnych budovách, ktoré boli postavené pred rokom 1990 je prítomnosť azbestu viac ako pravdepodobná. Azbest v týchto nehnuteľnostiach môže byť napríklad v interiérových priečkach, podlahách, balkónoch, protipožiarnych izoláciách alebo nástrekoch. Môžu ho obsahovať aj kanalizačné potrubia, prípadne obvodové – boletické panely .

Azbestové vlákna sú časom prakticky nezničiteľné. Aj pri slabej expozícii a dlhom latentnom období môžu spôsobiť mezotelióm a rakovinu pľúc. Podľa údajov Svetovej zdravotníckej organizácie (WHO) sa každoročne len v Európskej únii zaznamená 20- až 30-tisíc prípadov ochorení súvisiacich s azbestom. Odborníci v stanovisku Európskeho hospodárskeho a sociálneho výboru na tému Zbavme sa v EÚ azbestu odhadujú, že do roku 2030 môže v Európskej únii zomrieť na pomerne vzácne nádorové ochorenie pohrudnice, tzv. mezotelióm, viac ako 300-tis. ľudí. Zo zverejnených údajov ďalej vyplýva, že na ochorenia súvisiace s azbestom zomrie každoročne vo svete 112- tis. osôb.

7

Problém sa začína ešte pred rekonštrukciou. V rozpočtoch na rekonštrukciu verejných budov často nie sú vyčlenené prostriedky na bezpečnú demontáž a likvidáciu azbestu. Na azbest sa nezriedka narazí až počas samotnej renovácie. Pri stavebných prácach bez predrealizačného prieskumu na prítomnosť azbestu nie je možné na 100 percent odhadnúť, do akého materiálu sa zasahuje. Azbest býva často skrytý pod iným povrchom, náterom či obkladom. „Všetky potenciálne nebezpečné materiály by sa mali preskúmať ešte pred renováciou budovy, zodpovednosť za to nesie vlastník objektu. Tento postup je bežný a vo väčšine európskych krajín je povinný. V mnohých krajinách je zanedbanie prieskumu výskytu azbestu trestným činom.“ - upozorňuje Kai Salmi, člen predstavenstva asociácie EDA (European Demolition Association).

Predrealizačné prieskumy sú súčasťou právnych predpisov EÚ upravujúcich odstránenie a manipuláciu s azbestom: Smernice 2009/148 / ES - vystavenie účinkom azbestu. „Pred spustením búracích prác alebo údržby musia firmy podniknúť všetky potrebné kroky na identifikáciu predpokladaných materiálov obsahujúcich azbest,“ uvádza smernica. V Európe platí úplný zákaz používania azbestu, prísne je regulovaná aj všetka manipulácia vrátane odstránenia a zapuzdrenia. Smernica hovorí, že azbest sa má lokalizovať a identifikovať pred akýmikoľvek prácami, ktoré môžu viesť k prenosu azbestových vlákien do vzduchu. Obvykle sa táto problematika presnejšie reguluje a upravuje na vnútroštátnej úrovni. Hlavným zmyslom je zabrániť vzniku nebezpečného stavu, ktorý by mohol spôsobiť ujmu na zdraví pracovníkom a verejnosti.

Bez predrealizačného prieskumu, ktorého výsledkom je informácia, kde nebezpečný azbest v budove je a ako sa bude postupovať pri jeho odstraňovaní, nie je možné vopred vyčleniť potrebné množstvo času a peňazí na bezpečnú rekonštrukciu budovy. „Tento prieskum má význam iba vtedy, ak sa vykoná v dostatočnom predstihu pred verejným obstarávaním na výber dodávateľa rekonštrukčných prác. Zhotoviteľ realizácie obnovy, ktorý dopredu nevie, kde v budove sú azbestové materiály, svojou prácou priamo ohrozuje zdravie nielen svojich pracovníkov, ale aj verejnosti a užívateľov, ktorým má stavba slúžiť po ukončení rekonštrukcie.

Audit odpadu

V nadväznosti na spomínané predrealizačné prieskumy, existuje dokument „Usmernenia k odpadovým auditom pred demolačnými a renovačnými prácami v budovách“, ktorý predstavuje koncept Auditu odpadu. Rozlišuje rôzne úrovne spracovania a časovej následnosti riešenia. Komplexný audit odpadu sa neviaže len na prieskum a zisťovanie druhu, klasifikácie a množstva odpadu pred realizáciou, ale rieši aj kontrolu vznikajúceho odpadu počas realizácie vrátane kontroly

nakladania s odpadom – recykláciou, zhodnotením alebo skládkovaním. Tejto téme sa budeme podrobnejšie venovať ďalšom vydaní časopisu, prípadne v blogu. Dôležitým ostáva, že akési odvolávanie sa na neznalosť, prehadzovanie si „horúceho zemiaku“ zodpovednosti medzi stavebníkom, projektantom a realizátorom nemôže ďalej fungovať. Hazarduje sa tak nielen so zdravím stavebných pracovníkov, obyvateľov okolia výstavby, ale aj s prírodnými zdrojmi.

Komplexný stavebno-technický prieskum

Uvedomujúc si závažnosť a čoraz väčší doraz na problematiku odpadov i spoločenskú zodpovednosť, začleňujeme audit odpadov do komplexného stavebno-technického prieskumu. Zároveň tak robíme pre minimalizovanie nákladov na odbery vzoriek a duplicitu obhliadok a pod. Už pri samotnej prvotnej obhliadke vytipujeme potenciálne rizikové konštrukcie, stanovíme metodiku odberu vzoriek tak, aby

sa minimalizoval ich počet a zároveň, aby sa zachovali štatistické princípy hodnotenia. Smerujeme tak k optimálnym nákladom a výpovednej hodnote výsledkov. Podľa rozsahu a spoločných vlastností/čŕt týchto podozrivých konštrukcií vytvárame súborné vzorky / homogenizujeme ich a pod. Kontrolujeme v nich prítomnosť len tých látok, na ktoré je podozrenie. To všetko za účelom minimalizovania nákladov a získania hodnoverného výsledku. V prípade pozitívneho výsledku, ak to má ďalej ekonomický význam pre investora, špecifikujeme ďalej rozsah a presnú polohu „pozitívnej“ konštrukcie, ktorá (takpovediac) kontaminovala súbornú vzorku.

Literatúra:

[1] www.snas.sk
[2] Kazda, R.: Stavebný odpad by sa mal využívať lepšie. Čo si o tom myslí Komisia? https://www.odpady-portal.sk/Dokument/103767/stavebny-odpad-by-sa-mal-vyuzivat-lepsie-co-si-o-tom-mysli-komisia.aspx
[3] Usmernenia k odpadovým auditom pred demolačnými a renovačnými prácami v budovách - Nakladanie so stavebným odpadom a s odpadom z demolácií v EÚ, Máj 2018.
[4] Vo verejných budovách spred roku 1990 je prítomnosť azbestu viac ako pravdepodobná, Stavebné Noviny; Číslo 182 / Streda 18. novembra 2020; Ročník 14 / 3 189.
[5] https://www.briainvenia.sk/blog/
[6] https://www.asb-portal.cz

Autori:

- Ing. Jana Briatková Olšová, Bria Invenia, s.r.o., Bratislava
- Ing. Peter Briatka, PhD., COLAS Slovakia, a.s., Košice
- doc. Ing. Peter Makýš, PhD., Stavebná fakulta, STU, Bratislava

Zaradenie článku:

- Odborný

Obrázky:

1: Ilustračný obrázok

2: Diagnostika ŽB stropu – poloha výstuže

2: Diagnostika ŽB stropu – mechanické vlastnosti betónu

3: Zisťovanie skladby panela obvodového plášťa

4: Zisťovanie skladby strešného plášťa vrátane odhadu odľahčenia pri odstránení súčasnej skladby

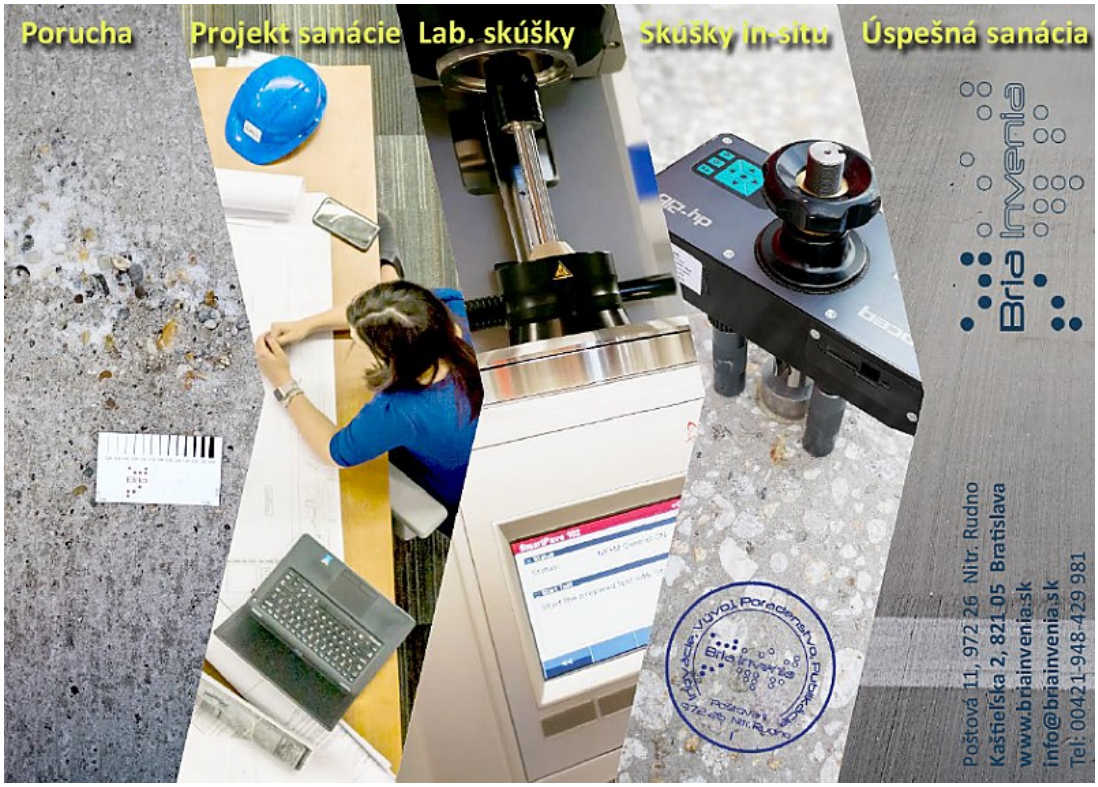
5: Kontrola prídržnosti mozaikového obkladu ako vstup pre návrh kotvenia ETICS

6: Boletický panel

7: Vzorka spevnenej plochy na kontrolu použiteľnosti ako zásypový materiál po rozdrvení

8: Vzorka spevnenej plochy na kontrolu použiteľnosti ako zásypový materiál po rozdrvení

9: Vzorka spevnenej plochy na kontrolu použiteľnosti ako zásypový materiál po rozdrvení



Vegetačné strechy nad kolísavým vnútorným prostredím (uzimné štadióny)

Vegetation roofs over fluctuating indoor environments (winter stadiums)

Zimné štadióny svojou značnou rozlohou zasahujú do mestských a mimomestských častí. Takéto plochy môžu narušiť súčasný ekosystém. Preto je potrebné, aby tieto budovy určite spĺňali požiadavky z hľadiska vplyvu na životné prostredie. Jednou z podmienok je návrh konceptu vegetačných vrstiev na strešných plášťoch. Takýmto konceptom sa výrazné prispieva ku kvalite životného prostredia. Pretože zimné štadióny majú výrazne odlišné vnútorné okrajové podmienky, nie je v súčasnosti známe, ako bude na takýchto budovách fungovať strecha s vegetačnou vrstvou. Zvolená téma je preto vysoko aktuálna, nakoľko sa odráža od požiadaviek v praxi a jej riešením budú splnené ciele aj pre prax a vedeckú disciplínu ale aj pre pedagogiku.

Kľúčové slová:
Vegetačná strecha, Zimný štadión, Kondenzácia, Vlhkosť

Winter stadiums extend into urban and non-urban areas with their significant area. Such areas can disrupt the current ecosystem. Therefore, it is necessary that these buildings certainly meet the requirements in terms of environmental impact. One of the conditions is the design of the concept of vegetation layers on the roof coverings. Such a concept significantly contributes to the quality of the environment. As winter stadiums have significantly different internal boundary conditions, it is not currently knowing how a roof with a vegetated layer will work on such buildings. Therefore, the chosen topic is highly topical as it is reflected from the requirements in practice and its solutions will meet the objectives for practice and scientific discipline, but also for pedagogy.

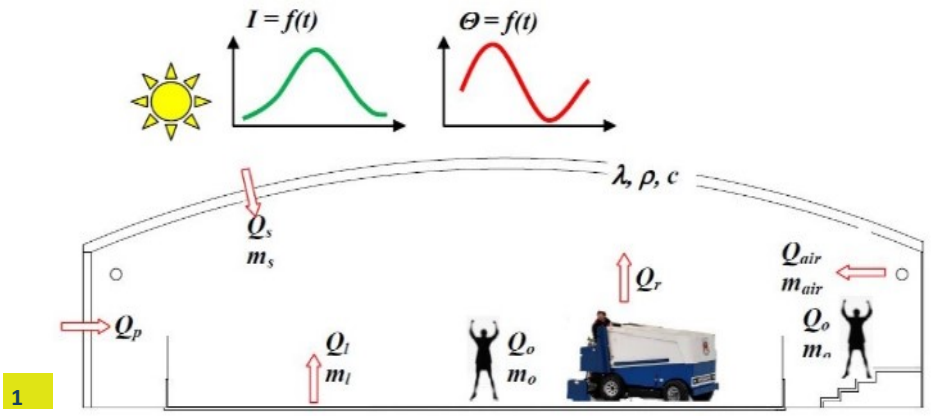
Keywords:
Vegetation roof, Winter stadium, Condensation, Humidity

Introduction

Winter stadiums are used for various winter sports activities such as ice hockey, figure skating, curling and others where it is necessary to use the ice rink. Today, thanks to the appropriate technologies, it is possible to perform these sports activities all year round and are therefore covered and sheathed. The year-round operation of winter stadiums is expensive for operation, energy, maintenance and, of course, its consumption also affects the environment. Therefore, it is necessary to start looking at such categories of buildings exactly in terms of reducing energy consumption. In winter stadiums it is mainly the energy consumption for cooling, which is significantly higher, especially during the summer season. In the summer, the temperature difference between the exterior and interior of the winter stadium is relatively high and during application it is necessary to find out how the vegetation will behave considering this fact.

Factors influencing the indoor environment of winter stadiums

The indoor environment of winter stadiums depends on the type of use of the winter stadium (with spectators, without spectators). The indoor humidity of winter stadiums without air conditioning is in the range 60% to 100%. With indoor air treatment, the humidity is around 70%. The most common problem in winter stadiums is the formation of water vapor condensation on the inner surface of the roof cladding due to a combination of high relative humidity and radiation from the ice surface, which cools the building structures below the dew point temperature [1]. Winter stadiums are among the most problematic buildings in terms of thermal assessment, as it is necessary to consider in the calculation for the correct assessment and design of building structures several factors affecting the calculation. The most common factors include: external heat gains, heat gains from players, spectators, from the technology for maintaining the operation of the ice surface, radiation of the ice surface [1]. In the case of roof constructions of winter stadiums designed from wood, it is necessary to consider the type of lumber for the respective humidity of the given environment on the basis of the mentioned factors influencing the indoor environment. With a one percent change in the maximum moisture content of wood, changes in its mechanical properties, 2.5% tensile strength in the fiber direction and 6% in the compressive direction in the fiber direction are expected [2].



1

Influence of drought on vegetation roof

In the case of vegetation roofs and their proper functioning, a suitable choice of plants is necessary, due to their longevity for the use of evapotranspiration as described in [3]. Article [3] presents research on the viability of plants (the 3 most used plants in the area) that are subjected to a stress test for survival in the no - precipitation period (40-day drought period).

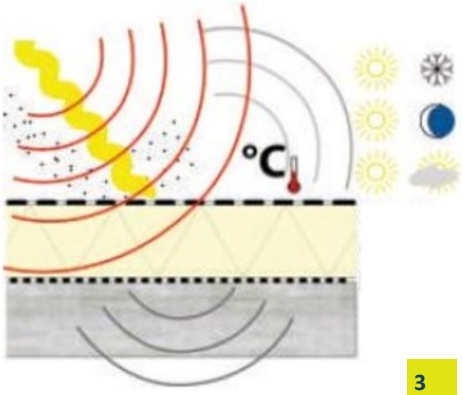
2

Energy saving by applying a vegetated roof

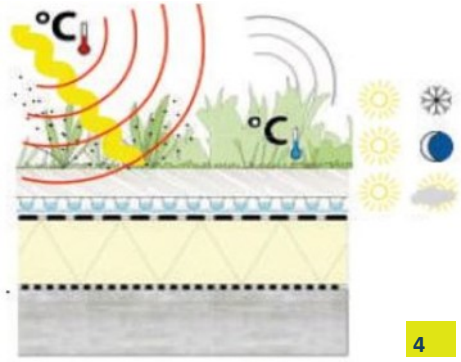
Vegetation roofs help to improve the indoor and outdoor environment of buildings. Compared to a conventional roof, studies show that the temperature of a vegetated roof can be 30–40 ° C lower [4].

Advantages of using a vegetated roof in the field of energy [5] [6] [7] [8]:

- cooling by evapotranspiration and shading of plants by about 30 ° C (improvement of effect by irrigation),
- decrease in temperature in the indoor environment, reduction of heat input by 30 to 60%,
- increase the performance of photovoltaic roof systems by 4 to 5%,
- energy cost savings through cooling processes (water roof),
- increase of the insulating effect of the roof structure in winter by 3 to 10% (depending on the location, thickness of the vegetation layer, substrate layer, moisture penetration),
- additional thermal resistance (R) from 0.14 - 0.40 m^2K / W (depending on the height of the substrate).



3



4

Comparison of a vegetated roof with a conventional roof

Research on the comparison of a vegetated roof with a conventional roof was carried out La Rochelle [9] in France on a family house with an area of 96 m^2. The research points to the heat flux and surface temperatures in individual roof structures for one year. The data were processed in the TRNSYS program, where the model source code was developed according to the C ++ programming language. For external boundary conditions, the TM2 meteorological set, which is typical for La Rochelle, was used. For the winter season, the heating demand was set to a temperature of 19 °C, for the summer season for cooling 28 °C. Research shows that the use of a vegetated roof has a positive effect on the energy and surface temperatures of roof structures. The main heat fluxes that describe equilibrium are:

- absorption of sunlight by vegetation,
- exchange of long-wave radiation between vegetation and soil surface,
- latent heat flow through evapotranspiration2 in vegetation, where the heat balance is given according to the relation (1) [9]

Where:

$$F_f = \sigma_f \left[I_s (1 - \alpha_f) + \varepsilon_f I_{ir} - \varepsilon_f \sigma T_f^4 \right] + \frac{\sigma_f \varepsilon_f \varepsilon_g \sigma}{\varepsilon_1} \left(T_g^4 - T_f^4 \right)$$

ε_f a ε_g are the emissivities of soil and vegetation [-],

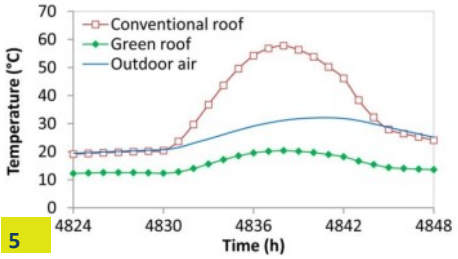
ϑ_f a ϑ_g are soil and vegetation temperatures [K],

I_s a I_{ir} are short-term and long-term sunlight [Wm^{-2}],

α_f entity reflectivity [°],

σ constant Stefan-Boltzmann [$5.670374419 \times 10^{-8}$ $Wxm^{-2}xK^{-4}$],

σ_f vegetation density [kg/m^3].



5

Standard solution for calculation of enclosed space

The standard solution for the calculation of the enclosed space [10], which is necessary for thermal engineering

assessment applies to roof structures up to the level of the waterproofing layer, where the vegetation layer is neglected despite its influence on surface temperatures (Fig. 6) and therefore also for the overall thermal assessment of the building. In winter stadiums in summer, the application of a vegetation roof should reduce the probability of surface condensation on the interior surface, as the temperature in the roof structure is lower and thus the temperature difference between the interior temperature of the winter stadium and the roof structure. The standard calculation of the thermal engineering assessment takes into account the evaporation of water vapor during the summer season, where the surface temperature cannot be calculated due to the maximum relative humidity consideration of 80 %, while the indoor humidity of winter stadiums is in the range of 60 to 100 %.

Proposed solution to the problem

The theoretical analysis consists in the physical and mathematical nature of heat and moisture transfer through

the roof cladding with the application of vegetation layers in buildings with increased demands on low indoor temperature and high relative humidity. These indoor conditions occur in winter stadium buildings. The output of the analysis is the creation of a methodology for calculating and evaluating the design of a roof covering with the application of vegetation layers in buildings with increased demands on low indoor temperature and high relative humidity (winter stadiums). The theoretical analysis should be performed in the simulation software DesignBuilder, where it is possible to model a simplified geometry of a building divided into zones. DesignBuilder works with the dynamic simulation program EnergyPlus, in which it is possible to enter also negative temperatures of the indoor environment of the building. In addition to the energy software itself, the WUFI® Pro 6 tool is used for exact analysis of heat and moisture transfer. It is a software that enables the modelling of fragments in 2-D as well as 3-D solutions. This tool is ideal for solving a given problem and for verification with measured data. Experimental verification can be divided into two parts:

- Part 1 - Verification in test chambers installed directly in outdoor climatic conditions opinions with a measurement length of at least one year (summer and winter seasons). For more accurate results it is advisable to measure a longer period and compare them with each other. The test chamber will consist of a ship container clad with PIR panels and the composition of a classic and vegetation roof. Air handling units will be used to create indoor conditions.
- Part 2 - verification based on the measurement of indoor conditions in existing winter stadiums to obtain real boundary conditions with different geometry and surface treatment of the supporting structure of the roof cladding.

Conclusion

So far, insufficient research has been devoted to the issue of vegetation roofs in winter stadium buildings. Therefore, I think it is appropriate to address it in more detail in terms of eliminating condensation problems that arise on the inner surface of the roof cladding. This problem will be investigated by applying a vegetation roof to the test chamber, in which the internal boundary conditions will be identical as in the winter stadiums. At the same time, the subject of the experiment will be monitoring the life of plants on a given roof, energy savings during the summer season, determining a new methodology for calculating heat and moisture transfer for vegetation roofs over the indoor environment of the winter stadium. The results of the measurements will be compared with the simulation on a test cell and a simplified model of the winter stadium in the DesignBuilder + EnergyPlus and WUFI programs.

References:

[1] ŽÁK A.: Doctoral thesis, Analysys of ice rink – roofs clading solution, Brno, 2011

[2] ONDREJ ŠIKULA, MIROSLAV TRCALA: Analysis of Local Moisture Increase of Timber Constructions on Ice Arena Roof, Brno, 2013

[3] WANG Y.; SINGH R.: Green Building and Green Roofs, Southeast University (China), 2017.

[4] MARAFA A.; ALIBABA H.: Comparative analysis on green roof energy savings and normal conventional roof, Eastern Mediterranean University, 2019, ISSN 2348-7607.

[5] N. PFOSER: Dachbegrünung leitfaden zur planung, Hamburg, 2019

[6] M. KÖHLER: Handbuch Bauwerksbegrünung. Planung – Konstruktion – Ausführung, Köln 2012

[7] KÖHLER M.; MALORNY W.: Wärmeschutz durch extensive Gründächer : Europäischer Sanierungskalender, 2009

[8] SCHARF B.; PITHA U; TRIMMEL H.: Thermal performance of green roofs. World Green Roof Congress, Copenhagen, 2012

[9] JAFFAL I.; OULDBOUKHITINE S.; BELARBI R.: Green living roof implementation and influences of the soil layer on its properties, University of La Rochelle, 2011

[10] Energetická hospodárnosť budov .Výpočet potreby energie na vykurovanie a chladenie (ISO 13790: 2008) Národná príloha, STN EN ISO 13790/NA

[6] TESÁR A.: Multifunkčná hala Arény Brezno – obrázok z článku v časopise Stavebné materiály, 2010

Authors:

- Ing. Martin Zagyi, Stavebná fakulta, STU, Bratislava

Classification:

- Technical

Figures:

1: Factors influencing the creation of the internal environment winter stadiums [1]

2: experimental measurement of plant life [3]

3: display of non-produced UV radiation, mechanical stress of hydzoilation [5]

4: display of reduced UV radiation,

without mechanical stress hydrozoilization [5]

5: The course of temperatures in summer with a difference temperature of almost 10 ° C on the exterior surface

6: Intended boundary of packaging structures for roof cladding [11]

Xella

Audit odpadu z hľadiska zeleného hospodárstva

Waste Audit in the View of a Green Management

Za posledné dekády je možné sledovať jasný vývoj environmentálne ladených legislatívnych požiadaviek z iniciatívy Európskej únie, ale aj zo strany medzinárodných dohovorov, či limitov na národnej a regionálnej úrovni. Medzi najnovšie požiadavky patria Usmernenia k odpadovým auditom pred demolačnými a renovačnými prácami v budovách, č. Ref. Ares(2018)4724185 - 14/09/2018. Cieľom týchto auditov je získanie povedomia o infraštruktúre budov pred demolíciou a ich materiálovom zložení, príprava odpadovej dokumentácie a následné efektívne nakladanie s odpadom podľa jeho špecifického zloženia. Na základe zistených informácii je potom možné zadefinovať najlepšie spôsoby na opätovné využitie alebo recykláciu maximálneho množstva použitých materiálov v súlade s hierarchiou odpadového hospodárstva podľa zákona 79/2015 Z.z. o odpadoch. Priamym dôsledkom správne vykonaného auditu je teda aj minimalizácia vzniku odpadu ako takého, jeho odvozu na skládku odpadov a redukcia uhlíkovej stopy pri spracovaní odpadu a jeho transporte.

Postup vypracovania auditu by sa mal držať piatich bodov, podľa ktorých sa postupuje: 1. predbežná štúdia, 2. prieskum na mieste, 3. súpis odpadov, 4. odporúčania týkajúce sa nakladania s odpadom, 5. podávanie správ. Zároveň s touto štruktúrou je nutné dbať aj na kvalitu vykonaného auditu a možnosť revidovať a aktualizovať jeho dokumenty podľa potreby. To je najlepšie dosiahnuteľné v týchto 3 fázach: 1. fáza – úvodné posúdenie v priebehu auditu odpadu, 2. fáza – overenie po demolačných prácach alebo v ich priebehu, 3. fáza – overenie postupu nakladania s odpadom. Kvalita výstupov sa musí zaručiť treťou nezainteresovanou stranou, napr. certifikáciou kvality alebo prekontrolovaním verejnými subjektami, či profesijnými združeniami.

Počas auditu sa nesmie zabudnúť na integráciu zásad udržateľného rozvoja, platnú legislatívu a najmä zásady bezpečnosti ochrany zdravia pri práci (BOZP). Účelom tohto auditu nie je navýšenie byrokracie, ale práve akýsi návod, ktorým sa dosiahne pri demolácii budov maximálna efektivita využiteľnosti stavebných materiálov a odpadov, pričom sa zároveň zníži celková záťaž a dopad na životné prostredie. Vykonávanie auditov odpadu má celý rad výhod – hospodárskych, aj environmentálnych – a prináša významnú pridanú hodnotu pre celý projekt.

Kľúčové slová:
Audit, Odpad, Environment, Hospodárstvo, Legislatíva, Nakladanie

In the last decades we can observe a strong development of environmentally friendly legislative requirements from the initiative of European Union, international treaties, or various limits on national and regional level. One of the most recent requirements are Guidelines for the waste audits before demolition and renovation works of buildings, Ref. Ares(2018)4724185 - 14/09/2018. The goal of these audits is acquiring of knowledge on the infrastructure of buildings before demolition and their material structure, preparation of waste documentation and follow up of waste treatment as according to its specific contents. Based on this information it is possible to define best approach to reuse or recycle the maximum amount of used materials in line with the waste management hierarchy written in 79/2015 Z.z. Waste act. The direct consequence of properly conducted audit is therefore minimisation of waste production in general, as well as reduction of carbon imprint during the processing of waste and its transport to landfill.

The concept of audit should be processed in form of five important points: 1. preliminary study, 2. site survey, 3. inventory of waste, 4. recommendations for waste treatment, 5. regular notifications. With this structure it is also neccessary to keep the high level of quality of audit, revision and regular updates of the documentation. This goal can be most effectively achieved in 3 phases: 1st phase – introductory evaluation during the audit, 2nd phase – verification during or after the demolition works, 3rd phase – verification of waste treatment process. The quality of the outputs must be guaranteed by third party, either by certification of quality, or by verification by public authority or professional organizations.

During the audit we cannot forget to integrate the principles of sustainable development, valid legislation and most importantly Health and Safety regulations. The goal of this audit is not the increase in bureaucracy, but instead to act as a set of guidelines to increase the maximum efficiency of waste and material reuse during the demolition works, while at the same time mitigating the impact on the environment and carbon footprint in general. Implementation of the audits has a number of advantages – economical and environmental – and generates significant value for the entire project.

Key words:
Audit, Waste, Environment, Management, Legislation, Treatment

Audit odpadu z hľadiska zeleného hospodárstva

V období za posledných tridsať rokov je možné pozorovať významné kvalitatívne zmeny v medzinárodnej legislatíve za účelom zvýšenia ochrany životného prostredia, boja proti klimatickej zmene, či zvýšenia všeobecného

povedomia ľudí o ochrane prírody a udržateľnom rozvoji. Už v roku 1991 bol na Slovensku prijatý Bazilejský dohovor o riadení pohybov nebezpečných odpadov cez hranice štátov a ich zneškodňovaní, v posledných rokoch pribudol napr. Európsky ekologický dohovor zameraný na udržateľnú „zelenú" transformáciu hospodárstiev členských krajín a v neposlednom rade pribúdajú najmä emisné limity zamerané na zníženie celkovej uhlíkovej stopy.

Nemenej dôležitá je z hľadiska Európskej únie, ale aj na národnej a regionálnej úrovni otázka redukcie odpadov a recyklácie materiálov. Práve o tejto problematike pojednávajú nové usmernenia z dielne Európskej komisie: Usmernenia k odpadovým auditom pred demolačnými a renovačnými prácami v budovách, č. Ref. Ares(2018)4724185 - 14/09/2018. Cieľom tohto dokumentu je uľahčiť a maximalizovať zhodnocovanie materiálov a súčastí z demolácie alebo renovácie budov a infraštruktúry na prospešné opätovné použitie a recykláciu a zároveň nenarušiť bezpečnostné opatrenia a postupy uvedené v protokole EÚ o nakladaní s odpadom z demolácie.

Audit odpadu je samostatná úloha v rámci plánovania projektu demolácii/renovácii. Je potrebné poznať celú špecifikáciu prvkov a materiálov, ktoré sa budú demontovať a/alebo demolovať, a vydať odporúčania na ďalšiu manipuláciu s nimi. Je rovnako vhodné zadefinovať uskutočniteľné spôsoby zhodnocovania materiálov: prevencia vzniku odpadov, opätovné použitie, recyklácia, zhodnotenie a zneškodnenie – podľa platnej hierarchie odpadového hospodárstva, zákona 79/2015 Z.z. o odpadoch. V niektorých prípadoch je napr. vhodné znovupoužitie drvených betónov, pričom odpad ako napr. azbestová krytina sa znovu použiť nemôže, nakoľko sa definuje ako nebezpečný odpad a musí byť transportovaná na skládku nebezpečných odpadov (NO). Všeobecným účelom tohto auditu je teda akési naplánovanie demolačných prác takým spôsobom, aby sa včas predpovedali a určili všetky vyprodukované odpady, a aby sa ich opätovným použitám, recykláciou, či energetickým zhodnotením podstatne znížil vplyv na životné prostredie, pričom sa zároveň dbá na bezpečnosť na stavenisku (napr. s nebezpečným azbestovým odpadom nie je možné manipulovať bez ochranného obleku). Účastníci auditu odpadov môžu byť tieto osoby: majiteľ nehnuteľnosti, úrad, audítor, dodávateľ, manažér pre odpad a výrobca výrobkov.

Audítor ma za účel vedenie celého auditu a príslušnej dokumentácie, ako aj podávanie správ a dodržanie kvalitatívnych požiadaviek auditu. Zároveň musí byť audítor znalý environmentálnej legislatívy a mať dlhodobú prax v legislatíve odpadov a životného prostredia.

Postup vypracovania auditu by sa mal držať piatich bodov, podľa ktorých sa postupuje: 1. predbežná štúdia, 2. prieskum na mieste, 3. súpis odpadov, 4. odporúčania týkajúce sa nakladania s odpadom, 5. podávanie správ.

Predbežná štúdia - Cieľom predbežnej štúdie je zhromaždiť všetky relevantné informácie zo stavebnej dokumentácie alebo ostatných prác. Je potrebné zistiť najmä vek nehnuteľnosti, mať k dispozícii projektovú dokumentáciu, zoznam použitých nebezpečných látok, povedomie o okolí a prístupe, zistiť najbližšie možnosti recyklácie alebo iného zhodnotenia budúcich odpadov.

Prieskum na mieste – zahrňuje spôsoby deštruktívne aj nedeštruktívne, pri ktorých audítor vizuálne kontroluje každu miestnosť pripravovanej budovy pred demoláciou a zanalyzuje prvky a materiály v jednotlivých miestnostiach na každom poschodí. Toto sa môže správne docieliť formou fotodokumentácie, aj písomného záznamu. Do úvahy pripadá napr. súpis podlahových krytín, svietidiel, interiérových stien, falošných stropov, atď. V prípade potreby je vhodné odobrať aj vzorky materiálov a odoslať ich na chemickú analýzu.

Súpis materiálov a prvkov/odpadov – Je potrebné usporiadať informácie o stavebných a iných ako stavebných prvkoch (stĺpy, steny, nosníky, nábytok, elektronika, papier, atď.). Ďalej je nutné zostaviť zoznam všetkých predpokladaných odpadov, ich prúdov, množstiev a triedy bezpečnosti (inertný, ostatný a nebezpečný). Každý druh odpadu je buď majiteľ alebo audítor v spolupráci s majiteľom povinný kategorizovať konkrétnym kódom z platného katalógu odpadov. Týmto spôsobom sa docieli prehľadná inventarizácia každého odpadu na stavenisku, čím sa audit pripraví na riešenie otázky opätovného použitia a recyklácie odpadov.

Odporúčania týkajúce sa nakladania s odpadom - Odporúčania zvyčajne zahŕňajú rady a usmernenia na bezpečné odstránenie nebezpečných odpadových materiálov a opätovné použitie alebo možnosti recyklácie určitých materiálov ktoré sa nachádzajú v budove, legislatívne podmienky uloženia, prepravy a spracovania určitých materiálov, odporúčania vyplývajúce z obmedzení prieskumu na mieste atď. Audit odpadu by mal spresniť, ktoré oblasti budovy môžu byť postihnuté kontamináciou, a uviesť najlepší spôsob, ako s nimi naložiť pred začatím prác v rámci projektu.

Záverečná správa - vychádza zo správy o predbežnej štúdii, zápisnice o návšteve na mieste, správy o posúdení materiálov a prípadne správy o odporúčaní pre riadenie staveniska. Hlavná časť záverečnej správy obsahuje informácie o rozsahu správy, zhrnutí auditu odpadov, súpise odpadov vrátane ich katalógového čísla a odporúčania na nakladanie s odpadom.

Zároveň s touto štruktúrou je nutné dbať aj na kvalitu vykonaného auditu a možnosť revidovať a aktualizovať jeho dokumenty podľa potreby. To je najlepšie dosiahnuteľné v týchto 3 fázach:

1. fáza: Úvodné posúdenie v priebehu auditu odpadu. Po vykonaní auditu odpadu je potrebné skontrolovať jeho kvalitu certifikovaným audítorom tretej strany, verejnými subjektmi alebo profesijnými združeniami.

2. fáza: Overenie po demolačných prácach alebo v ich priebehu. Je dôležité zohľadniť skutočnosti, či sa predpokladaný odhad vyprodukovaného odpadu zhoduje s reálnym množstvom odpadu, resp. určiť, prečo nastala odchýlka. Ďalej je potrebné zaručiť a overiť správnu likvidáciu nebezpečného odpadu a uistiť sa, že všetky materiály, resp. odpady sú správne vytriedené, resp. sú v procese triedenia.

3. fáza: Overenie postupu nakladania s odpadom. Týka sa nielen množstva a miery vytriedeného odpadu, ale aj druhu nakladania s odpadom. Všetky nezrovnalosti by sa mali oznámiť a odôvodniť. Dôležité je znova overiť, čo sa stalo s nebezpečným odpadom, ktoré materiály boli zozbierané oddelene/selektívne, ale umiestnené do kontajnera so zmiešaným odpadom, ako (a kde) sa merali množstvá.

Správne vedeným auditom sa teda úspešne docieli maximálna efektivita opätovného využitia materiálov a odpadov, resp. recyklácie, energetického alebo iného zhodnotenia. Audítor a majiteľ projektu majú týmto auditom pod kontrolou celú genézu odpadov a vedia pohotovo zareagovať z bezpečnostného, environmentálneho a logistického hľadiska tak, aby mal vyprodukovaný odpad minimálny vplyv na zdravie ľudí, dopad na životné prostredie a zároveň ušetrí aj finančné náklady pri renovácii budov.

Záver

Vykonávanie auditov odpadu má celý rad výhod – hospodárskych, aj environmentálnych – a prináša významnú pridanú hodnotu pre celý projekt. Pri správnom vykonaní auditu je veľmi jednoduché naplánovať celú demoláciu tak, aby bola minimalizovaná tvorba odpadov, a aby bola logistika ich likvidácie čo najefektívnejšia. Často sa však majiteľ projektu stráca v množstve vzájomne prepletených environmentálnych požiadaviek a nie je prehľadné možné vysledovať všetky možnosti a povinnosti vyplývajúce z legislatívy životného prostredia.

Práve v tomto vie každému ponúknuť pomocnú ruku spoločnosť Envisolutions, s.r.o., ktorá sa už roky pohybuje v oblasti environmentálneho poradenstva. Tím Envisolutions pôsobí najmä v oblasti auditu odpadov, zeleného manažmentu a interných auditov ISO 14001. Pre každú firmu vie ušiť zelený „image“ na mieru tak, aby si majitelia podnikov a firiem nemuseli robiť starosti s neustále sa meniacou environmentálnou legislatívou, no zároveň im táto zelená politika dá výhodu pred konkurenciou. V prípade záujmu o napr. audit odpadov môže byť pre developerov veľmi zaujímavá možnosť ušetriť finančné náklady na logistike odpadov, kde namiesto neseparovaného stavebného odpadu, ktorý by išiel na drahú skládku, ušetrí náklady a čas opätovným použitím materiálov, či ich recykláciou priamo na mieste a v blízkom okolí. Tieto a podobne výhodné riešenia spoločnosť Envisolutions, s.r.o. ponúka každému záujemcovi, ktorý chce ísť s dobou a buduje si environmentálny image.

Literatúra:

[1] Usmernenia k odpadovým auditom pred demolačnými a renovačnými prácami v budovách, č. Ref. Ares(2018)4724185 - 14/09/2018.
[2] Zákon č. 79/2015 Z. z. o odpadoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov.
[3] Vyhláška č. 365/2015 Z. z., ktorou sa ustanovuje Katalóg odpadov.
[4] https://www.odpady-portal.sk/
[8] https://www.enviroportal.sk/

Autori:

- Mgr. Rastislav Zamboj, Envisloutions, s.r.o.

Zaradenie článku:

- PR

Medzilaboratórne porovnávanie v rámci akreditácie podľa ISO/IEC 17025

The Proficiency Testing in Accordance with Accreditation by ISO/IEC 17025

Každý laboratórny subjekt akreditovaný podľa STN EN ISO/IEC 17025 musí mať vytvorený plán účasti na medzilaboratórnych porovnaniach (MLP). Cieľom je kontrola spôsobu vykonávania skúšky a včasné odhalenie prípadnej odchýlky. Spracovanie a následné plnenie tohto plánu je predmetom kontroly počas prvotnej/pravidelnej re-akreditácie a priebežných dohľadov zo strany SNAS. Organizovanie MLP pre stavebné laboratóriá sa doposiaľ viazalo prakticky len na jeden subjekt. V roku 2020 sa podarilo zorganizovať 5 ďalších MLP spoločnosťou Bria Invenia, a to v predmete zatvrdnutý betón, čerstvý betón, asfaltová zmes a prísady do betónu.

Key words:

Medzilaboratórne porovnávanie, Akreditácia, Akreditované laboratórium

Each laboratory accredited in accordance with STN EN ISO/IEC 17025 must have the plan of attending the proficiency testing (MLP). Its purpose is the verification of performing the tests and early detection of the potential errors. Working out of this plan is the subject of checking within the initial- or regular accreditation and regular inspections by SNAS. Until now, the organizing of MLP for construction laboratories has been organized by one subject only. In 2020, the company „Bria Invenia“ organized 5 other MLP, namely in fields: hardened cocnrete, fresh concrete, asphalt mixes, admixtures to concrete.

Kľúčové slová:

Roud robin tests, Proficiency testing, Accreditation, Accredited laboratory

SNAS a povinnosti súčasné i budúce

- Slovenská národná akreditačná služba (SNAS) ako národný akreditačný orgán uznávaný vládou Slovenskej republiky plní dôležitú úlohu v národnom systéme posudzovania zhody vytvorenom na odstránenie technických prekážok domáceho a medzinárodného obchodu Slovenskej republiky a podporu

požadovanej úrovne kvality výrobkov, služieb a ochrany spotrebiteľa. Akreditácia odborných činností sa na Slovensku vykonáva v súlade s medzinárodne uznávanými princípmi danými normami ISO/IEC série 17000 (EN série 45000) a vytvára základný predpoklad pre plnenie záväzkov prijatých vládou Slovenskej republiky v súvislosti so vstupom SR do Európskej únie v máji 2004. [1]

V tejto súvislosti SNAS:

- vykonáva posudzovanie spôsobilosti orgánov posudzovania zhody,
- udeľuje osvedčenia o akreditácii orgánom posudzovania zhody,
- vytvára podmienky na vylúčenie viacnásobného posudzovania spôsobilosti v rovnakých oblastiach činnosti rôznymi orgánmi,
- podporuje činnosti na ochranu spotrebiteľa,
- poskytuje širokú publicitu všetkým akreditovaným orgánom posudzovania zhody v SR i v zahraničí.

SNAS postupuje pri svojej činnosti podľa všeobecne platných požiadaviek na akreditáciu stanovených v ISO/IEC 17011, IAF/ILAC A5, Nariadenia EP a R(ES) č. 765/2008, v ďalších súvisiacich medzinárodných normách, aplikačných dokumentoch EA, ILAC, IAF, FALB, európskej legislatíve. SNAS vykonáva, okrem iného, aj:

- akreditácia kalibračných laboratórií (ISO/IEC 17025)
- akreditácia skúšobných laboratórií (ISO/IEC 17025)
- akreditácia medicínskych laboratórií (ISO/IEC 15189 a/alebo ISO/IEC 17025)
- akreditácia orgánov certifikujúcich produkty (ISO/IEC 17065):
- akreditácia inšpekčných orgánov (ISO/IEC 17020)
- akreditácia organizátorov PT (ISO/IEC 17043)

V súvislosti s akreditáciu skúšobných laboratórií, sú tieto povinné zúčastňovať sa medzilaboratórnych porovnávaní (MLP). Skúšobné laboratóriá musia mať spracovaný plán účasti na MLP na celý cyklus akreditácie – 5 rokov. Počas priebežného dohľadu jeho plnenie SNAS kontroluje. Skúšobné laboratóriá však často narážajú na problémy súvisiace s veľkosťou trhu. Konkrétne sa jedná o to, že Slovensko je pomerne malým trhom na to, aby tu pôsobila organizácia/spoločnosť, ktorej hlavnou činnosťou (alebo jednou z hlavných činností) by bolo organizovanie MLP. Vedľajším efektom je, že keď sa aj nájde organizátor MLP, zvyčajne sa zameriava na tie skúšobné metódy a oblasti, v ktorých pôsobí veľa akreditovaných laboratórií. Na ostatné činnosti, ktoré majú akreditované napr. len 2 laboratóriá na Slovensku neostávajú kapacity. Preto sa akreditované laboratóriá musia snažiť zúčastniť sa MLP v iných krajinách. Niekedy sa laboratóriá zúčastňujú MLP organizovaných napr. vo Francúzsku alebo Nemecku. V prípade stavebných laboratórií, kedy vzorky nezriedka dosahujú hmotnosti desiatok kilogramov (a musia byť rozdelené do menších balení kvôli manipulácii a dodržiavaniu BOZP platných v príslušných krajinách), náklady na logistiku podstatne zvyšujú už aj ta k vysoké poplatky za účasť na MLP. Celkové ročné náklady na účasť na MLP potom predstavujú stovky – až tisícky eur.

Okrem toho, v roku 2021 vstúpi do platnosti politika SNAS o MLP. Voľne ju možno interpretovať, že SNAS bude brať do úvahy len účasť na MLP organizovaných subjektmi akreditovanými podľa ISO/IEC 17043.

Po úspešnom spustení MLP v roku 2020 a získaní referencií (cca 60 subjektov v piatich MLP), sa spoločnosť Bria Invenia púšťa do získania akreditácie pre podľa tejto normy, aby sa tak stala prvým subjektom akreditovaným na Slovensku. Okrem skúseností sa zistilo (a opakovane potvrdilo), že niektorým skúšobným postupom je potrebné venovať zvláštnu pozornosť. Napríklad pri hodnotení odolnosti betónu proti pôsobeniu mrazu s použitím chemických rozmrazovacích látok sa zistila rozptyl výsledkov 378 g/m^2 (pri priemernej hodnote 182 g/m^2; mediáne 168 g/m^2; minimálnej hodnote 25 g/m^2 a maximálnej hodnote 403 g/m^2). Zaujímavé je, že rôzne pracoviská jednotlivých účastníkov spravidla vykazovali podobné hodnoty. Usudzuje sa, že ich pracovníci používajú rovnaké pracovné postupy a absolvujú rovnaké školenia. To však podporuje ideu o precizovaní skúšobného predpisu v norme STN 73 1326. Okrem toho, že pracoviská dostali výsledky a takúto formu spätnej väzby, podnietilo to aj spracovanie návrhu na úlohu rozvoja vedy a techniky, práve s touto témou – revízia STN 73 1326.

Veríme, že nielen toto MLP malo okrem formálneho účelu aj praktický význam pre zlepšenie jednak pôsobenia laboratórií, ale aj pre otvorenie diskusie k úprave/zjednoteniu a lepšiemu špecifikovaniu skúšobných postupov. Ambíciou preto do ďalšieho obdobia bude pokryť akreditáciou všetky základné oblasti, ktoré stavebné skúšobné laboratória vykonávajú. V nadväznosti na pôsobenie a spoluprácu s laboratóriami z roku 2020 plánujeme zaviesť aj systém vernostných a množstevných zliav a rôzne iné metódy B2B .

Literatúra:

[1] www.snas.sk

[2] 73 1326: 2016 Stanovenie odolnosti povrchu cementového betónu proti pôsobeniu vody a chemických rozmrazovacích látok

Autori:

- Ing. Jana Briatková Olšová, Bria Invenia, s.r.o., Bratislava
- Ing. Peter Briatka, PhD., COLAS Slovakia, a.s., Košice
- Ing. Marián Bederka, PhD., Stavebná fakulta, STU, Bratislava

Zaradenie článku:

- Odborný

Vnútorné ošetrovanie – Vývoj pevností a objemových zmien

Internal Curing – Strength and Volume Changes Development

V článkoch z tohto cyklu sme popísali význam ošetrovania čerstvého betónu najmä z hľadiska trvanlivosti/životnosti betónových konštrukcií. DTA analýzou cementového tmelu sme dokázali pozitívne pôsobenie vnútorného ošetrovania (IC) pri hydratácii (najmä zmesí s nízkym vodným súčiniteľom). Predstavili sme konvenčné a nové spôsoby návrhu receptúr s IC. Tiež sme odhalili rozpory medzi zaužívanými postupmi výpočtu straty vlhkosti z betónu a skutočnosťou a predstavili sme nové prístupy k výpočtu/návrhu IC. V tomto pokračovaní cyklu dokumentujeme vplyv IC na objemové zmeny a pevnosti mált. Oba parametre vstupujú v podmienkach reálnych konštrukcií do vzájomných interakcií a ovplyvňujú konštrukciu v zmysle generovania vnútorných napätí a vzniku trhlín. Všeobecnou snahou je znížiť objemové zmeny betónu na minimum. Redukuje sa tak hrozba vzniku trhlín a skracovania životnosti, najmä plošných betónových konštrukcií.

Kľúčové slová:

Betón, Pevnosť, Objemové zmeny, Zmrašťovanie, Ošetrovanie, Vnútorné ošetrovanie, Maltové trámčeky, Malta

In the papers of this series, we described an importance of fresh concrete curing, in particular pointing out durability / service life of concrete structures. Using DTA analysis of cement pastes we proved a positive action of internal curing (IC) within hydration (mainly mixtures with low water-cement ratios). There were presented the conventional and innovative approaches to design of the mixtures with IC. There were also identified gaps between conventional procedures and reality when calculating of water losses and we introduced the brand new approaches to calculation/design of the internal curing (IC). In this episode of the series, we document an influence of the IC on volume changes and strengths of mortars. In conditions of real structures, both parameters come into mutual interactions and affect the structure in sense of internal stresses generation and cracking. A general effort is to decrease the volume changes of the concrete down to the minimum. That way a danger of cracking and lifetime shortening is reduced, for flat structures mainly.

Key words:

Concrete, Strength, Volume Changes, Shrinkage, Curing, Internal Curing, Mortar Prisms, Mortar

Cieľom skúšok na trámčekoch bolo overiť účinnosť vnútorného ošetrovania tak, ako bolo navrhnuté [33] v podmienkach takmer ideálneho ošetrovania (teplota prostredia cca. 20 °C a relatívna vlhkosť prostredia cca 98 %). V takomto prostredí nedochá nedochádza k takmer žiadnej strate vlhkosti zo vzorky do okolia. Vzorky môžu podstupovať jedine samovysychanie, ktoré v konečnom dôsledku ovplyvňuje objemové zmeny a v závislosti od vodného súčiniteľa i mechanické vlastnosti betónu. Skúšky na trámčekoch, hodnotiace účinnosť navrhovaného IC pri rôznych vodných súčiniteľoch, mali preto kľúčový význam nielen pre overenie správnosti a platnosti modelu návrhu zloženia betónu, ale aj pre získanie prvých komparačných vlastností vzoriek ošetrovaných pri ideálnych podmienkach.

Použité materiály

Pre skúšky sa použil portlandský cement CEM I 42,5 N s mernou hmotnosťou 3 077 kg/m^3. Chemické zmrašťovanie použitého cementu bolo 7 % a jemnosť stanovená podľa Blaina 344,77 m^2/kg. Začiatok tuhnutia sa podľa STN EN 1015-9 stanovil na 185,3 min, pričom koniec tuhnutia sa zistil v 254,6 min. Ako plastifikačná prísada (WRA) sa použil superplastifikátor Berament HT2 s účinnou látkou na báze polykarboxylátu. Ako hutné kamenivo sa použilo prírodné ťažené kamenivo frakcie 0/4 (tab. 1). Ako ľahké kamenivo sa s ohľadom na predchádzajúce výskumné úlohy a skúšky použilo LWA s obchodným názvom Liapor, a to vo frakciách 0/4 (M) a 0/1 (D) (tab. 1).

Receptúry

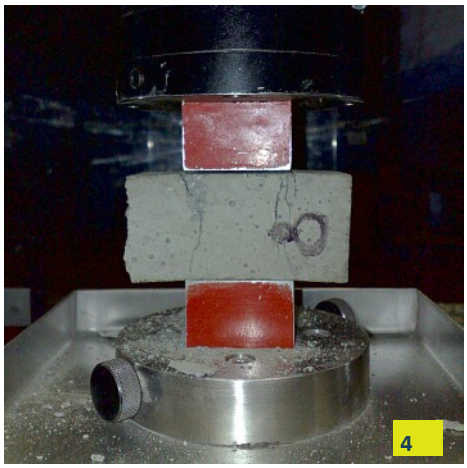
Pre overenie účinnosti navrhovaného IC na trámčekoch sa zvolili viaceré receptúry s hlavnou premennou – vodným súčiniteľom (w/c). Vodný súčiniteľ sa navrhol v troch variantoch s relatívne nízkymi hodnotami (0,3; 0,36 a 0,42) zabezpečujúcimi dosiahnutie stupňa hydratácie α (0,83; 1 a 1). V každom variante w/c sa overovala účinnosť vnútorného ošetrovania použitím rôznych hmotnostných dávok LWA (0 % = referenčné vzorky; 7 % a 13,2 %). Horná medzná dávka 13,2 % sa stanovila na základe návrhu vnútorného ošetrovania [33] ako dávka postačujúca na dokonalé IC tzv. uzavretého systému (sealed system) pri w/c = 0,36, ktorý podstupuje len samovysychanie. Presná receptúra pre každú zámes je uvedená v tab. 2.

Výroba a kondiciovanie vzoriek Pred samotnou výrobou vzoriek sa vykonali pomocné a prípravné procesy.

Jedným z nich bola príprava hutného kameniva sušením po dobu 24±2 hod. pri teplote 110±5 °C (podľa STN EN 1097-6). Vysušené hutné kamenivo sa uložilo v plastových uzatvárateľných nádobách tak, aby nedošlo k absorpcii vzdušnej vlhkosti. V prípade výroby vzoriek s IC sa 24±2 hod. pred miešaním sa do uzatvárateľnej plastovej nádoby pripravila dávka LWA (v danom pomere) spolu s celkovou dávkou zámesovej a ošetrovacej vody.

Miešanie sa vykonávalo v počítačom riadenej, tzv. maltárskej, miešačke (STN EN 196-1). Pred miešaním sa vždy dodržal rovnaký postup dávkovania. Prvé sa nadávkovalo hutné kamenivo. Následne sa pridal cement a ručne sa premiešali. Ako posledná zložka sa pridalo nasiaknuté ľahké kamenivo (SLWA) aj s dekantovanou zámesovou vodou, do ktorej bola tesne pred miešaním pridaná WRA. Zmes sa opätovne mierne ručne premiešala. Samotné strojné miešanie sa vykonalo vždy rovnakým spôsobom – 60 s miešania pri nízkych otáčkach. Zámes sa po miešaní naplnila do pripravených foriem (podľa prílohy A STN EN 1015-11). V závislosti od konzistencie (vyplývajúcej z pomeru objemu kameniva a cementového tmelu) sa vzorky zhutnili. Referenčné vzorky sa zhutňovali na vibračnom stolíku po dobu 1 min s amplitúdou 0,6 mm. Vzorky s IC sa zhutňovali vo viacerých vrstvách ubíjaním kovovou tyčou s priemerom 40 mm. Po zhutnení vzoriek sa zahladil ich horný povrch a vo formách sa na 24±2 h uložili do prostredia s teplotou 20±2 °C a relatívnou vlhkosťou (RH) 95±5 % (dosiahnutá ustálená úroveň 98 %). Poznámka: Skúšobné telesá (5 trámčekov) určené na meranie objemových zmien sa opatrili kovovými meracími kontaktmi zabudovanými do foriem ešte pred ich plnením.

Po odformovaní vzoriek sa získali skúšobné telesá tvaru (tzv. maltárskych) trámčekov s rozmermi 40×40×160 mm. Trámčeky sa opätovne uložili do prostredia s teplotou 20±2 °C a relatívnou vlhkosťou (RH) 98±1 %, kde sa uchovávali ďalších 27 dní. Zmenšenie rozmerov vzoriek (na maltárske trámčeky) sa pristúpilo z kapacitných dôvodov laboratórií a vyžiadalo si prispôsobenie D_{max} (4 mm). Pomer veľkosti najmenšej strany telesa ku Dmax bol 10, čo stále vysoko prevyšovalo skúšobnícke požiadavky troj- alebo päťnásobok (podľa rôznych autorov) [7, 11].



Tab. 1: Vlastnosti použitého hutného a ľahkého kameniva

Kamenivo	Hutné kamenivo	Ľahké kamenivo	
Vlastnosť	0/4	0/4 (M)	0/1 (D)
Merná hmotnosť (kg/m^3):	2510,00	1070,00	1700,00
Sypná hmotnosť (kg/m^3):	1630,00	410,00	610,00
Nasiakavosť (%):	1,80	7,73	4,80
Medzerovitosť (%):	35,06	61,68	64,12
Tvarový index (%):			

Tab. 2: Použité receptúry

Vodný súčiniteľ (w/c)	Zložka	Použitá receptúra (kg/m^3)		
		REFERENČNÝ	7,0 % LWA	13,2 % LWA
0,30	CEMENT	492,782	422,404	360,369
	VODA	184,191	153,454	132,276
	Kamenivo 0/4	1705,792	1562,750	1406,857
	WRA	1,891	1,625	1,389
	LWA 0/4 (M)	0,000	83,464	166,293
	LWA 0/ (D)	0,000	44,202	88,068
0,36	CEMENT	449,014	384,872	328,337
	VODA	198,643	165,394	142,461
	Kamenivo 0/4	1706,850	1563,588	1407,505
	WRA	1,725	1,483	1,268
	LWA 0/4 (M)	0,000	83,509	166,370
	LWA 0/ (D)	0,000	44,226	88,108
0,42	CEMENT	412,459	353,528	301,589
	VODA	210,770	175,411	151,005
	Kamenivo 0/4	1707,637	1564,211	1407,988
	WRA	1,586	1,363	1,166
	LWA 0/4 (M)	0,000	83,542	166,427
	LWA 0/ (D)	0,000	44,243	88,139

Experimentálna časť

V experimentálnej časti sa overovalo pôsobenie IC (v rôznych dávkach) na mechanické charakteristiky a objemové zmeny malty. Po odformovaní (vo veku 1 d) sa zmerali rozmery skúšobných telies a ich hmotnosti, z ktorých sa stanovila priemerná objemová hmotnosť vzoriek (receptúr). Následne sa vykonali dilatometrické skúšky trámčekov vybavených meracími kontaktmi.

Trámčeky bez meracích kontaktov sa používali na stanovenie mechanických vlastností – pevnosti v ťahu za ohybu $f_{t,fl}$ a pevnosti v tlaku f_c. Zistené mechanické vlastnosti sa s ohľadom na rôzne receptúry numericky vyjadrili ako pomerné pevnosti k objemovej hmotnosti. Počas skúšok sa zhotovilo celkovo 126 trámčekov.

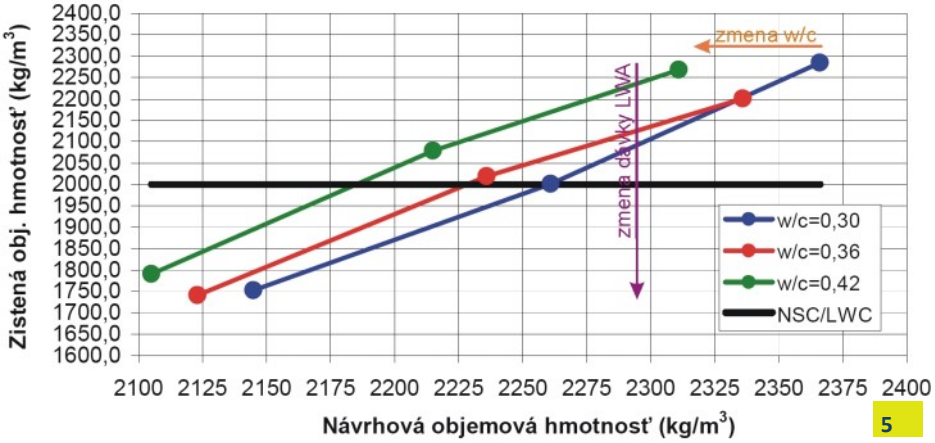
Objemové zmeny sa merali dilatometrickou metódou podľa STN 72 2453 (princíp zachytáva obr. 2). Z každej skúšobnej vzorky sa objemové zmeny merali na 5 trámčekoch vo veku (1; 2; 3; 5; 7; 14 a 28 dní). Prvé meranie sa vykonalo prakticky ihneď po odformovaní skúšobných telies a považovalo sa za nulté meranie. Poznámka: Dilatometrická metóda merania objemových zmien neumožňuje zachytiť objemové zmeny uskutočnené vo veku medzi 0. a 24. h.

Pevnosti v ťahu pri ohybe a v tlaku sa skúšali podľa STN EN 1015-11. Pevnosť v ťahu pri ohybu sa skúšala vždy na troch skúšobných telesách vo veku 7; 14 a 28 d. Účelom skúšky bolo primárne získanie úlomkov pre skúšky pevnosti v tlaku. Výsledky pevnosti v ťahu za ohybu sa použili ako kontrolné výsledky pre hodnotenie pevnosti v tlaku pričom sa vychádzalo z empiricky odvodeného pomeru $f_{t,fl}(t) : f_c(t) = 1:7$.

Interpretácia výsledkov

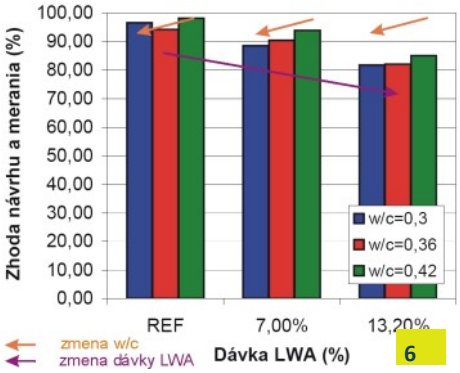
Objemová hmotnosť. Náhrada určitej časti hutného kameniva ľahkým kamenivom nutne vyvoláva zmenu objemovej hmotnosti. Spôsobená je primárne nižšou mernou a sypnou hmotnosťou LWA v porovnaní s hutným kamenivom (tab. 1) a sekundárne aj zmenou pomerného objemu cementového tmelu a kameniva. V praktickej stránke sa tieto dva činitele prejavia na konzistencii (spracovateľnosti) čerstvého betónu (prípadne malty) a súvisiacej zhutniteľnosti. Objemová hmotnosť môže byť za určitých okolností nepriamym ukazovateľom zhutniteľnosti čerstvej zmesi alebo pevnosti mladého a/alebo zatvrdnutého betónu. Pre účely tejto práce sa stanovila informatívne, a to za účelom overenia technologickej vhodnosti navrhovaných receptúr a overenia spoľahlivosti návrhu receptúr.

Z výsledkov meraní skutočnej objemovej hmotnosti ρ_V [kg/m3] vyplynulo niekoľko kvalitatívnych čiastkových záverov. Dávky LWA (13,2 % hm.) pre úplné pokrytie straty vlhkosti na hydratáciu utesneného systému, pri zvolených frakciách 0/4 a 0/1 mm a pomere ich



5

miešania 75 : 25 %, spôsobuje cca 15% pokles objemovej hmotnosti. Výrazný pokles objemovej hmotnosti znemožnil zatriedenie betónu (podľa STN EN 206-1) medzi konštrukčné betóny (NSC), keďže dosiahnutá objemová hmotnosť sa pohybovala výrazne pod 2 000 kg/m^3. Obdobné správanie sa pozorovalo aj u vzoriek s dávkou LWA 7 %. Úmerne nižšej dávke LWA (7 %) sa prejavil aj pokles objemovej hmotnosti reprezentovaný hodnotou cca 6 %. Pokles objemovej hmotnosti je spôsobený prevažne nedostatkom cementového tmelu a nevhodnou zhutniteľnosťou v laboratórnych podmienkach. Použilo sa zhutňovanie ubíjaním. Pre takto tuhé konzistencie sa odporúča zhutňovanie vibrolisovaním, čo nevylučuje použitie zmesí v praktických aplikáciách. Za zhoršenou zhutniteľnosťou zmesí s dávkou LWA stojí jednak komplex vlastností LWA (napr.: zrnitosť, tvarové charakteristiky, jemnosť a hlavne takmer nemerateľná schopnosť fyzikálne viazať vodu na povrchu), ktoré sa v návrhu receptúry [33] zohľadnili len čiastočne alebo vôbec. V druhom rade bola zhutniteľnosť ovplyvnená pomerne nízkymi vodnými súčiniteľmi. V návrhu receptúr sa vyššia dôležitosť priradila nízkym vodným súčiniteľom všeobecne potrebným pre určité stupne vplyvu prostredia, dosiahnutie vyšších pevností, zhotovenie trvanlivých konštrukcií. Rovnako vyššia dôležitosť sa v návrhu LWA priradila rovnomernosti distribúcie zrniečok LWA (zásobníkov vody) v cementovom tmele tak, aby sa vzdialenosť medzi jednotlivými zrniečkami (tzv. spacing factor) minimalizovala. V obr. 5 je zobrazená závislosť zistenej a navrhovanej (predpokladanej) objemovej hmotnosti pri troch použitých vodných súčiniteľoch a vektory príspevkov dávky LWA a zmeny vodného súčiniteľa. V obr. 6 sú prehľadnejšie zachytené relatívne odchýlky dosiahnutých a predpokladaných objemových hmotností, resp. zhoda dosiahnutej a navrhovanej objemovej hmotnosti. Vizuálnym porovnaním je možné odhaliť vplyv vodného súčiniteľa, ale hlavne rozhodujúci vplyv dávky LWA. Obr. 6 (v



6

stĺpci referenčného betónu) dosahuje zhodu 94 až 98 %, čo indikuje, že princíp návrhu receptúry ako taký, je použiteľný. Navyše objemová hmotnosť sa merala po 24 hodinovom kondiciovaní pri teplote 20 °C a relatívnej vlhkosti 98 %, čo v skutočnosti umožňuje stratu vlhkosti zo vzoriek, a tým aj zmenu objemovej hmotnosti. Úpravy alebo korekcie si vyžaduje návrh receptúr s vnútorným ošetrovaním pomocou LWA. Ten sa môže v princípe upraviť viacerými možnosťami (úprava koeficientu vyplnenia, zvýšenie odhadovaného množstva vody fyzikálne viazaného na povrch LWA, úprava pomeru miešania frakcií LWA, náhrada jemných frakcií LWA za hrubšie). Poznámka: Je potrebné zdôrazniť, že vzhľadom na použitie hutného kameniva iba frakcie 0/4 mm, akákoľvek variabilita vo vlastnostiach LWA (pri náhradne hutného kameniva) sa na vlastnostiach vzoriek prejavila vyšším účinkom, ako by tomu bolo v betóne s väčším zrnom kameniva (použitím viacerých frakcií). Z hľadiska objemovej hmotnosti, pri používaní jemných frakcií kameniva (hutného aj LWA), sa zo skúšok [35 a 36] vylúčila hmotnostná dávka (náhrada) 13,2 %.

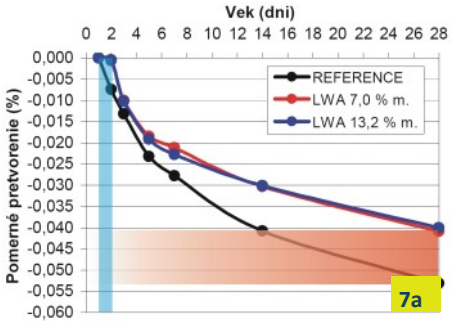
Objemové zmeny

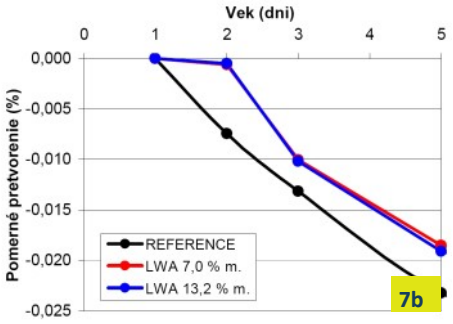
Skúšky objemových zmien, podľa STN 72 2453, zachytávajú len objemové zmeny odohrávajúce sa po odformovaní skúšobných telies, ktoré sa vykonalo vo veku 24 h.

Z analýzy sa tým technicky vylučuje obdobie charakteristické najintenzívnejšími objemovými zmenami počas dynamickej fázy hydratácie. Vychádzajúc zo zistení viacerých autorov (napr. [12]) možno konštatovať, že počas prvých hodín veku betónu dochádza k objemovým zmenám, ktorých veľkosť bezpečne môže zodpovedať aj štvornásobku objemových zmien meraných týmto postupom v siedmom dni veku. Výsledky týchto skúšok preto treba chápať a interpretovať ako objemové zmeny materiálu medzi vekom 1 a 28 d i napriek tomu, že výsledky skúšok (spravidla) po 90 d vykonávaných obdobným spôsobom (podľa STN 731320) sa interpretujú ako celkové objemové zmeny (resp. zmraštenie). Je potrebné zdôrazniť, že ani jedna zo štandardizovaných metód nezachytáva objemové zmeny pred odformovaním skúšobných telies. Merali sa objemové zmeny (po odformovaní) pri expozícii prostrediu 20±2 °C a RH 95±5 % (dosiahnutá ustálená úroveň 98 %). Priebeh objemových zmien sa spracoval zvlášť pre varianty vodného súčiniteľa w/c (0,3; 0,36 a 0,42), ktorým zodpovedá maximálny stupeň hydratácie αmax (0,83; 1 a 1), v tomto poradí. Pre každý variant w/c sa overoval aj účinok vnútorného ošetrovania IC na objemové zmeny. Základnou hypotézou vo vnútornom ošetrovaní bolo, že s rastúcou dávkou LWA (7, resp. 13,2 %), a tým aj množstvom „zabudovanej“ ošetrovacej vody, budú objemové zmeny betónu klesať. Skúšky preukázali čiastočnú pravdivosť predpokladu. Objemové zmeny idealizovane utesneného systému (20 °C a RH 98 % možno chápať ako zmrašťovanie reálnej konštrukcie pri ideálnom ošetrovaní proti strate vlhkosti do prostredia.

Obr. 7a, b; 8a, b a 9a, b zachytávajú merané (dlhodobé 28dňové a krátkodobé 5-dňové) objemové zmeny vzoriek s rôznymi dávkami LWA (0; 7 a 13,2 %) pri rôznych w/c (0,3; 0,36 a 0,42). Ako už bolo uvedené s vodným súčiniteľom súvisí maximálny stupeň hydratácie αmax (0,83; 1 a 1), ktorý sa pri interpretácii výsledkov referenčnej vzorky (REFERENCE) s 0% dávkou LWA musí zohľadniť .

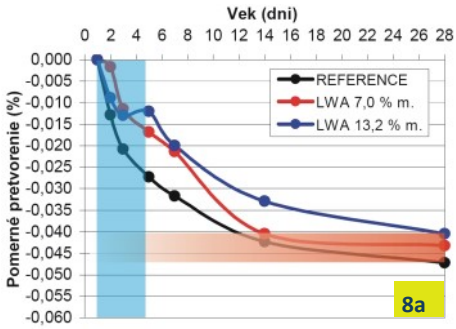
Obr. 7a, b prezentujú časový priebeh objemových zmien vzoriek s veľmi nízkym vodným súčiniteľom 0,3 (α_{max} = 0,83). Z maximálneho stupňa hydratácie, je jasné, že referenčná vzorka (bez IC) nutne musí podstupovať samovysychanie, a teda výraznejšie objemové zmeny [13]. Kvalitatívnym rozborom výsledkov sa dospelo k čiastkovým záverom, že vnútorné ošetrovanie použitím LWA (v dávkach 7 % resp. 13,2 %) spôsobilo redukciu objemových zmien (v súlade s pozorovaním [16]). Táto sa

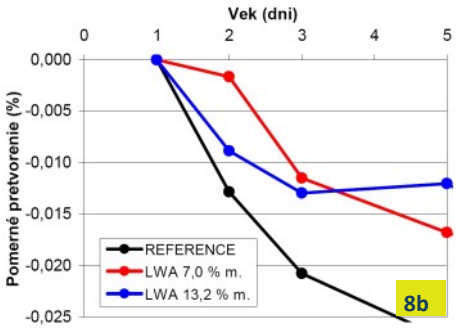




vyčíslila vo veku 28 d na cca 0,015 %. Za predpokladu, že za dokonalé IC sa považuje stav, keď sa úplne eliminujú objemové zmeny, potom je možné tvrdiť, že účinnosť IC pri týchto podmienkach sa dosiahla na úrovni približne 25 % (bez ohľadu na dávku LWA). Účinok jednotlivých dávok LWA na objemové zmeny sa nepodarilo spoľahlivo kvantifikovať. Modrá oblasť v obrázku 7a zvýrazňuje ďalšie významné zistenie. IC spôsobuje oddialenie nástupu (začiatku) objemových zmien (v súlade s [16]), čo je výhodné z dôvodu vyšších pevností materiálu pri začiatku objemových zmien (keďže voľné obj. zmeny prakticky neexistujú). Podrobnejšie sú objemové zmeny v mladom veku betónu zachytené v obr. 7b. Je evidentné, že objemové zmeny (kontrakcia) pri vnútornom ošetrovaní nastupujú až vo veku 2 d. To znamená, že do tohto veku je IC takmer 100% účinné. Na obr. 7b (neskôr aj 8b) je vhodné vysvetliť pravdepodobné správanie vzoriek s IC vo veku nezachytenom meraním. Vzorky s dávkou LWA, v dôsledku prítomnosti ošetrovacej vody, mierne zväčšia svoj objem (pozorované aj v [15, 16, 17, 18]), kontrakciu začínajú z kladnej hodnoty pomerného pretvorenia a tempo objemových zmien medzi 1. a 2. dňom vzoriek s LWA je priamoúmerné množstvu vody uvoľnenej „pri napučaní betónu“.

Obr. 8a, b prezentujú časový priebeh objemových zmien vzoriek s nízkym vodným súčiniteľom 0,36 (αmax = 1). Referenčná vzorka (bez vnútorného ošetrovania) podstupuje samovysychanie, no v porovnaní s w/c 0,3 (obr. 7a) sú objemové zmeny nižšie, čo je priamym dôsledkom vyššieho vodného súčiniteľa. Vnútorné ošetrovanie použitím LWA (v dávkach 7 resp. 13,2 %) spôsobilo redukciu objemových zmien. Táto sa vyčíslila vo veku 28 d na cca 0,004 a 0,007 %. Účinnosť IC, pri týchto podmienkach, sa (vo veku 28 d) dosiahla na úrovni približne 7 a 14 % (pre 7 a 13,2 % dávku LWA). Modrá oblasť v obrázku 8a zvýrazňuje oddialenie nástupu (začiatku) objemových zmien pri dávke 13,2 %. Oddialenie je pozorovateľné v dvoch dávkach LWA rozdielne. Dávka 7 % LWA sa správa štandardne a v druhom dni veku betónu pôsobí s účinnosťou cca 85% (menej ako v prípade w/c 0,3). Mierne zníženie účinnosti je spôsobené relatívnym dostatkom vody pre hydratáciu cementu a súvisiacim rýchlejším (nespomaleným) nábehom objemových zmien v referenčnej vzorke. Z priebehu objemových zmien vzorky s dávkou 13,2 % (obr. 8a) možno pozorovať napučiavanie vo veku cca 5 d. Takéto neštandardné správanie (neopakované v žiadnej inej vzorke) sa vysvetľuje nehomogénnosťou distribúcie veľkosti pórov v LWA [37]. Objemové zmeny indikujú nedostatok veľkých (cca 50 až 100 nm) a prebytok malých pórov (10 až 30 nm) v LWA, pričom v treťom dni veku dôjde k dosiahnutiu hraničnej RH v cementovom tmele pre uvoľnenie vody fyzikálne viazanej v malých póroch LWA. Podrobnejší pohľad na objemové zmeny v mladom veku betónu poskytuje obr. 8b.





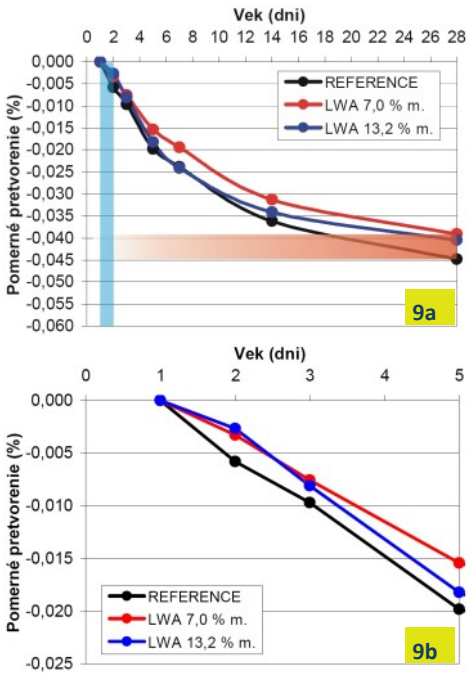
Obr. 9a, b prezentujú časový priebeh objemových zmien vzoriek s (pre NSC) bežným vodným súčiniteľom 0,42 (α_{max} = 1). Referenčná vzorka (bez IC) nepodstupuje samovysychanie. Vodný súčiniteľ je plne postačujúci pre pokrytie potreby vody na dosiahnutie α_{max} = 1 bez dodatočnej ošetrovacej vody.

V porovnaní s w/c 0,3 (obr. 7a) sú objemové zmeny nižšie a v súlade s očakávaniami podľa αmax, sú vo veku 28 d rovnaké ako v prípade w/c 0,36 (obr. 8a). Vnútorné ošetrovanie použitím LWA (v dávkach 7, resp. 13,2 %) spôsobilo nevýraznú redukciu objemových zmien. Táto sa vyčíslila vo veku 28 d na cca 0,005 %. Účinnosť IC pri týchto podmienkach sa (vo veku 28 d) dosiahla na úrovni približne 10 % (pre obe dávky LWA). Zdôvodnenie nízkej účinnosti možno hľadať v dostatku vlhkosti pre hydratáciu a nevyužití alebo malom využití ošetrovacej vody z LWA. V obr. 9b možno pozorovať spomalený nábeh objemových zmien, pričom vo veku 2 d ošetrovanie pomocou dávky 7 % zabezpečilo účinnosť IC cca 45 % a pomocou dávky 13,2 % na úrovni cca 53 %. Je zrejmé, že účinnosť IC klesá s rastúcim vodným súčiniteľom (v súlade s [13]). LWA disponuje určitým potenciálom, kapacitou ošetrovacej vody, ktorú je schopné uvoľniť v určitom čase, preto je jeho pôsobenie limitované. Doba účinku skúšaného LWA závisí od okrajových podmienok expozície betónu – od intenzity straty vlhkosti a poklesu relatívnej vlhkosti cementového tmelu. Vnútorné ošetrovanie kvázi utesnených vzoriek (RH 98 %) preukázalo účinnosti v 2. dni veku betónu na úrovni približne 92; 85 a 52 % (w/c 0,3; 0,36 a 0,42).

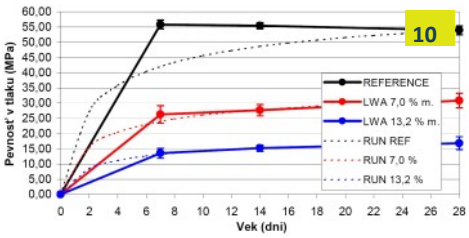
Redukciu objemových zmien v 7. dni veku, ako sa nimi zaoberal Henkensiefken a Bentz [15] nie je možné dosiahnuť použitým LWA. Zdôvodnenie sa musí hľadať v pórovej štruktúre LWA, ktorá je výrazne odlišná – distribučná krivka rozdelenia veľkosti pórov je nevhodne plochá a je posunutá do oblasti malých a stredných pórov (50 nm) [37].

Významné obmedzenie absolútnych dlhodobých objemových zmien metódou IC nie je opodstatnené očakávať, pretože IC takto neúčinkuje v prvopočiatku hydratácie, ale až v období, keď v cementovom tmele vzniknú póry veľkosti najväčších pórov LWA, t.j. najväčšie póry v cementovom tmele (s najväčším podielom kumulatívneho objemu) už vznikli a objemové zmeny z chemického a autogénneho zmrašťovania sa prejavili. Hlavným použiteľným benefitom je kvázi oddialenie začiatku nábehu objemových zmien po začatí pôsobenia LWA a čas začiatku pôsobenia je možné regulovať kombináciou ošetrovacích metód.

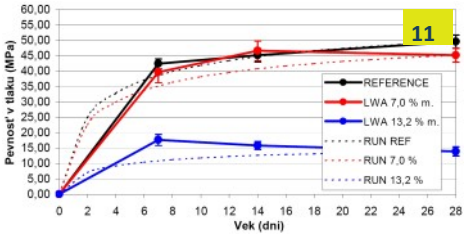
Pevnosť v tlaku sa stanovila postupom podľa STN EN 1015-11 na úlomkoch skúšobných telies (trámčekov). Interpretuje sa ako stredná kocková pevnosť vo veku stanovenia (7; 14 a 28 d). Skúškami sa overoval vplyv dávky



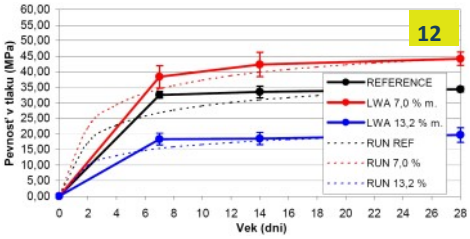
LWA na mechanické vlastnosti pri rôznych vodných súčiniteľoch (w/c = 0,3; 0,36 a 0,42) pri expozícii prostrediu 20±2 °C a RH 95±5 % (dosiahnutá ustálená úroveň 98 %). Skúškami zistené stredné pevnosti v tlaku $f_{cm}(t)$ vo veku t [MPa] sa doplnili o predpokladaný priebeh vývoja pevnosti podľa modelu prevzatého z STN EN 1992-1-1, kde vystupuje koeficient zohľadňujúci vek betónu a stredná hodnota pevnosti betónu v tlaku vo veku 28 d [MPa]. Vzťah reprezentuje exponenciálny charakter nábehu pevnosti v závislosti od času t [d].



Obr. 10 zachytáva vzorky (utesnený systém) s nízkym vodným súčiniteľom 0,3 (α_{max} = 0,83). Z časovej závislosti meraných stredných pevností v tlaku je evidentné normálne. V obr. 10 je možné pozorovať prakticky zastavenie hydratácie referenčnej vzorky v siedmom dni veku. Vysvetľuje sa to spotrebovaním všetkej zámesovej vody na hydratáciu. Naproti tomu, vzorky s určitou dávkou LWA vykazujú priebežný nárast pevností, a to v dôsledku uvoľňovania ošetrovacej vody z ich pórovej štruktúry. Možno pozorovať pokles absolútnych pevností vzoriek s LWA, ktorý je závislý od dávky LWA. Tento jav súvisí s výraznou zmenou spracovateľnosti vzoriek s LWA (pozri objemovú hmotnosť) pri použití hutného kameniva Dmax 4 mm. Zmenená objemová hmotnosť sa podieľa na znížení pevnosti v tlaku priamo nižšou objemovou hmotnosťou a súvisiacou pevnosťou LWA, ale aj zhoršením spracovateľnosti a zvýšením medzerovitosti. Rovnaká situácia sa objavuje prakticky pri všetkých vodných súčiniteľoch s tým rozdielom, že s rastúcim w/c sa vplyv na pokles pevnosti znižuje. Pri receptúrach betónu s vyšším D_{max} by nemalo dochádzať ku výraznej zmene spracovateľnosti.



Na obr. 11 sa ukazuje, že ošetrovanie utesneného systému 7% dávkou LWA zvýšilo 28dňovú pevnosť v tlaku na úroveň referenčnej vzorky i napriek zhoršeniu spracovateľnosti a zvýšeniu medzerovitosti (zníženiu objemovej hmotnosti). Súvisí to zrejme s relatívne nízkym vodným súčiniteľom a pozitívnym účinkom IC, ako sa pozorovalo aj v [25]. Vzorka s dávkou 13,2 % je ale natoľko medzerovitá, že zvýšenie množstva vody dostupného na hydratáciu cementu nestačí na pokrytie pevnostných strát v dôsledku prítomnosti LWA a súvisiacich negatívnych vplyvov. V obr. 11 (a iných) môže pôsobiť metúco zdanlivý pokles pevnosti vzorky s 13,2 % LWA medzi 7. a 28. dňom. V skutočnosti však pevnosť v rôznom veku reprezentuje hodnoty na rôznych skúšobných telesách. Zdanlivý pokles môže byť spôsobený variabilitou výsledkov, a mal by sa preto interpretovať ako zanedbateľný alebo nulový nárast pevnosti, pretože zo samotnej podstaty hydratácie nie je pokles reálny.



Obr. 12 zobrazuje vývoj pevnosti utesneného systému s vodným súčiniteľom w/c = 0,42. V tomto prípade došlo dokonca k zvýšeniu pevnosti vzoriek s LWA pri dávke 7 % nad hodnoty dosahované referenčným betónom. Vzorky s dávkou LWA 13,2 % stále spôsobujú pokles pevnosti, no pokles relatívnej pevnosti vztiahnutý na referenčnú vzorku sa zmiernil, a to vplyvom zvýšenia pomeru cementového tmelu.

Záver

Náhrada časti hutného kameniva ľahkým kamenivom spôsobila zmeny

objemovej hmotnosti. Zistilo sa, že dávka LWA 13,2 % pri zvolených frakciách 0/4 a 0/1 mm a pomere ich miešania 75 : 25 %, spôsobuje cca 15 % pokles objemovej hmotnosti, čo znemožňuje zatriedenie betónu (podľa STN EN 206) medzi konštrukčné betóny (NSC) keďže dosiahnutá objemová hmotnosť sa pohybovala výrazne pod 2000 kg/m^3. Zhoda medzi očakávanou a meranou objemovou hmotnosťou referenčného betónu dosahuje úroveň 94 až 98 %, čo indikuje, že princíp návrhu receptúry, ako taký, je použiteľný.

Tab. 3: Prehľad meraných 28dňových stredných pevností v tlaku

Okrajové podmienky	Dávka LWA (%)	Stredná pevnosť v tlaku (MPa)		
		w/c=0,30	w/c=0,36	w/c=0,42
20 °C; RH 98 %	REF (0,0%)	53,93	49,59	34,36
	7,0%	30,84	45,17	44,17
	13,2%	16,84	13,94	19,67

Utesnené systémy s určitou náhradou hutného kameniva za LWA (7 resp. 13,2 %) sa prejavili výraznou účinnosťou najmä v mladom veku betónu. Účinnosť logicky klesá s rastúcim vodným súčiniteľom, a teda množstvom vody dostupnej k hydratácii. Účinnosť v mladom veku možno interpretovať ako oddialenie začiatku nábehu objemových zmien, čo sa javí ako najväčšia výhoda. Pri zvolených dávkach LWA sa nezaznamenali výrazné dlhodobé redukcie objemových zmien, a to v dôsledku nie najvhodnejšej skladby pórov v zrnách LWA.

Väčšia časť objemových zmien v cementovom tmele prebehne vo veľmi mladom veku – ešte skôr ako začne IC prostredníctvom LWA pôsobiť. S ohľadom na túto skutočnosť sa odporúča navrhovať použité LWA (pri nezmenení pórovej štruktúry) najmä na vnútorné ošetrovanie v neskoršom veku betónu – napr. po 5 až 7 d resp. po dosiahnutí permeability povrchu znemožňujúcej penetráciu vody z vonkajšieho ošetrovania do jadrovej oblasti. Takéto využitie by bolo vhodné pre HSC alebo UHSC z dôvodu potenciálneho zníženia w/c, súčasného zabezpečenia αmax= 1 a oddialenia nástupu prípadného autogénneho zmršťovania (podľa návrhu receptúry a technológie ošetrovania) do obdobia s podstatne vyššími pevnosťami.

Vnútorné ošetrovanie použitým LWA je vhodné kombinovať s inými metódami ošetrovania. Pre dosiahnutie tzv. samoošetrovania betónu v kritickom veku je nevyhnutné použiť LWA s vhodnejšou pórovou štruktúrou (viac veľkých pórov – nad cca 100 nm).

Z hľadiska informatívnej pevnosti v tlaku betónu resp. hmoty s D_{max} = 4 mm sa dospelo k záverom poznačeným relatívne veľkou variabilitou s ohľadom na účinky dávky LWA 7 a 13,2 %. Celkový prehľad stredných 28 dňových pevností vzoriek s D_{max} = 4 mm poskytuje tab. 3. Pri hodnotení sa zohľadňuje aj fakt, že pevnosť materiálu je výrazne ovplyvnená pevnosťou najslabšej zložky – LWA [20]. Ukázalo sa, že tlakové zaťaženie pôsobí na zrniečka LWA tak, že dôjde k ich rozštiepeniu [23] na hranici pevnosti, ktorá je daná jednak pórovitosťou LWA, ale aj pevnosťou materiálu tvoriaceho steny pórov [21]. Rovnako sa zohľadňuje aj skutočnosť, že rastúca vlhkosť betónu spôsobuje zdanlivo nižšiu pevnosť [22], čo čiastočne vysvetľuje nižšie zdanlivé pevnosti vzoriek s LWA [19]. Mierny pokles pevností (obzvlášť pri vyšších dávkach LWA) sa pozoroval aj vo viacerých prípadových štúdiách [30], pričom však zároveň došlo k redukcii vzniku trhlín. Prejav vplyvu prostredia (kondiciovania) na výsledné 28dňové pevnosti klesá so zvyšujúcim sa vodným súčiniteľom po dosiahnutí hodnoty približne 0,36, čo je v súlade s predpokladmi podľa viacerých autorov [27, 28, 29]. Táto skutočnosť je daná rozdelením zámesovej vody v betóne z hľadiska viazanosti [33]. Receptúry s nižším w/c (pod 0,36) nemajú žiadnu šancu dosiahnuť maximálny stupeň hydratácie α_{max} = 1, preto logicky, s klesajúcim w/c pri konštantnej dávke LWA, sa dosiahne vyšší pomerný účinok IC na pevnosť betónu.

Naproti tomu, receptúry s w/c v intervale (0,36 až 0,42) môžu pri utesnenom systéme dosiahnuť α_{max} = 1. Keďže už majú istý potenciál dosiahnuť absolútnu hydratáciu – hornú hraničnú hodnotu, tak je zrejmé, že pomerný účinok IC sa zákonite musí znížiť.

V prípade w/c vyšších ako 0,42 [27, 28] je v utesnenom systéme dostatok vody na dosiahnutie absolútnej hydratácia a účinok IC z hľadiska vyšších pevností zaniká. Tieto princípy platia za predpokladu, že návrh receptúry zohľadňuje aj určitú požadovanú konzistenciu a konštantný pomer objemu kameniva a cementového tmelu.

Výsledky pevností v tlaku preukázali potenciál LWA pôsobiť ako IC obzvlášť v utesnených systémoch. Je potrebné zdôrazniť, že návrh LWA (najmä drvených a/alebo mletých frakcií) nutne musí zohľadňovať zväčšenie špecifického povrchu, zníženie objemovej hmotnosti betónu a eliminovať zníženie pomerného množstva cementového tmelu spôsobeného zvýšením objemovej dávky kameniva (+ LWA). Prezentované výsledky nemožno interpretovať ako závery, pretože boli získané zo vzoriek zhotovených za prijatia zjednodušujúcich predpokladov a zúženia výberu okrajových podmienok skúšok.

Poďakovanie

Tento článok vznikol ako súčasť riešenia projektu VEGA č. 1/0511/19.

Literatúra:

[1] STN EN 1097-6 Skúšky na stanovenie mechanických a fyzikálnych vlastností kameniva, Časť 6: Stanovenie objemovej hmotnosti zŕn a nasiakavosti.
[2] STN EN 1015-9 Metódy skúšania mált na murovanie. Časť 9: Stanovenie času spracovateľnosti čerstvej malty a jeho spresnenie.
[3] STN EN 196-1 Metódy skúšania cementu. Časť 1: Stanovenie pevnosti.
[4] STN EN 1015-11 Metódy skúšania mált na murovanie. Časť 11: Stanovenie pevnosti zatvrdnutej malty v ťahu pri ohybe a v tlaku.
[5] STN 72 2453 Skúška objemovej stálosti malty
[6] STN EN 206 Betón. Špecifikácia, vlastnosti, výroba a zhoda.
[7] STN EN 12390-7 Skúšanie zatvrdnutého betónu. Časť 7: Objemová hmotnosť zatvrdnutého betónu.
[8] STN EN 12350-6 Skúšanie čerstvého betónu, Časť 6: Objemová hmotnosť čerstvého betónu .
[9] STN 73 1320 Stanovenie objemových zmien betónu.
[10] STN EN 1992-1-1 Eurokód 2 Navrhovanie betónových konštrukcií, Časť 1-1: Všeobecné pravidlá a pravidlá pre budovy, Národná príloha.
[11] Technicko-kvalitatívne podmienky MDPT SR, Časť 8: Cementobetónový kryt vozoviek, 2008.
[12] Sant G., Lura P., Weiss J.: Measurement of Volume Change In Cementitious Materials at Early Ages, Journal of The Transportation Research Board, No. 1979, Washington, 2006, pp: 21–29 .
[13] Review of Mechanistic Understanding And Modeling And Uncertainity Analysis Methods for Predicting Cementitious Barrier Performance, CBP-TR-2009-002, Rev.0, US Department of Energy Office of Environmental Management Washington, DC, November 2009, available at: http://cementbarriers.org/
[14] Mönning S.: Superabsorbing additions in concrete – applications, modelling and comparison of different internal water sources, IWB der Universität, Stuttgart, 2009.
[15] Henkensiefken R.: Internal Curing in Cementitious Systems Made Suing Saturated Lightweight Aggregate, Master Thesis, Purdue University, West Lafayette, 2008.
[16] Hammer T., Bjøntegaard Ø., Sellevold E.: Internal Curing – Role of Absorbed Water in Aggregates, Spec. Publ., Vol. 218, ACI, Farmingtonhills, 2004, pp: 131–142.
[17] Jensen O., Hansen P.: Autogenous Deformation and RH-Change in Perspective, Cement and Concrete Research, Vol. 31 (12), 2001, 1859–1865
[18] Lura P., Bisschop J.: On the Origin of Eigenstresses in Lightweight Aggregate Concrete, Cement and Concrete Composites, 26 (5): 445
[19] Lura P.: Autogenous Deformation and Internal Curing of Concrete, PhD. Thesis, TU Delf, The Netherlands, 2003
[20] Nilsen A., Monteiro P., Gjørv O.: Estimation of the Elastic Moduli of Lightweight Aggregate, Cement and Concrete Research, 25(2), 1995, pp: 276–280
[21] Holm T.: Lightweight Concrete and Aggregates, ASTM Standard Technical Publ. 169C, 48, 2001, pp: 522–532
[22] Jensen O., Hansen P.: Water-Entrained Cement-Based Materials. I. Principles and Theoretical Background, Cement and Concrete Research 31(5), 2001, pp: 647–654

[23] Bremner T., Holm T.: Elastic Compatibility and the Behavior of Concrete, ACI Journal 83 (2), 1986, pp: 244–250
[24] Neville A.: Aggregate Bond and Modulus of Elasticity of Concrete, ACI Material Journal 94(1), 1997, pp: 71–74
[25] Weber S., Reinhardt H.: A New Generation of High Performance Concrete: Concrete with Autogenous Curing, Advanced Cement Based Materials 6(2), 1997, pp: 59–68
[26] Dela B.: Eigenstresses in Hardening Concrete, Ph.D. Thesis, Dept. of Structural Engineering and Materials, TU of Denmark, Lyngby, Denmark, 2000
[27] Powers T. C.: Physical Properties of Cement Paste, Proc. of Fourth Inter. Symp. on Chemistry of Cement, Washington 1960, pp. 577–609
[28] Bentz D., Lura P., Roberts J.: Mixture Proportioning for Internal Curing, Concrete International, Vol. 27, No. 2, ACI, Farmington Hills, 2005
[29] Report on Internally-Cured Concrete Using Preconditioned Absorptive Lightweight Aggregate, ACI Committee 308 and 213, ACI, Farmingtonhills, 2011, p. 36
[30] Briatka P., Makýš P.: Ošetrovanie čerstvého betónu – 1. Strata vody z betónu, Beton TKS, Vol. 10, No. 1, Beton TKS, Praha, 2010
[31] Briatka P., Makýš P.: Ošetrovanie čerstvého betónu – 2. Superabsorpčné polyméry, Beton TKS, Vol. 10, No. 2, Beton TKS, Praha, 2010
[32] Briatka P., Makýš P.: Ošetrovanie čerstvého betónu – 3. Nasiaknuté ľahké kamenivo, Beton TKS, Vol. 10, No. 3, Beton TKS, Praha, 2010
[33] Briatka P., Makýš P.: Ošetrovanie čerstvého betónu – 4. Konvenčný návrh ošetrovania pomocou ľahkého kameniva, Beton TKS, Vol. 10, No. 6, Beton TKS, Praha, 2010, pp: 40–43
[34] Briatka P., Makýš P.: Ošetrovanie čerstvého betónu – 5. Návrh receptúry čerstvého betónu s vnútorným ošetrovaním, Beton TKS, Vol. 11, No. 5, Beton TKS, Praha, 2011, pp: 36-42
[35] Briatka P., Makýš P.: Ošetrovanie čerstvého betónu – 6. Odparovanie vody, konvencia a skutočnosť, Beton TKS, Vol. 12, No. 6, Beton TKS, Praha, 2012
[36] Briatka P., Janotka I., Makýš P.: Ošetrovanie čerstvého betónu – 7. DTA, TG a DSC overenie pôsobenia vnútorného ošetrovania, Beton TKS, Vol. 13, No. 1, Beton TKS, Praha, 2013
[37] Briatka P., Makýš P.: Možno účinne použiť pórovité kamenivo na vnútorné ošetrovanie betónu?, Beton TKS, Vol. 11, No. 4, Beton TKS, Praha, 2011

Autori:

- Dr. Peter Briatka, MBA., COLAS Slovakia, a.s., Košice
- Ing. Jana Briatková Olšová, Bria Invenia, s.r.o., Bratislava
- Ing. Ivan Vavrík, Stavebná fakulta STU, Bratislava

Zaradenie článku:

- Vedecký

Obrázky:

1: Ilustračný obrázok

2: Princíp dilatometrickej metódy stanovenia objemových zmien

3: Skúška pevnosti v ťahu pri ohybu

4: Skúška pevnosti v tlaku

5: Porovnanie návrhových a dosiahnutých objemových hmotností

6: Zhoda navrhovanej (predpokladanej) a dosiahnutej objemovej hmotnosti

7: Objemové zmeny w/c = 0,3 pri 20 °C a RH 98 %, a) 1. až 28. deň, b) 1. až 5. deň

8: Objemové zmeny w/c = 0,36 pri 20 °C a RH 98 %, a) 1 až 28. deň, b) 1. až 5. deň

9: Objemové zmeny w/c = 0,42 pri 20 °C a RH 98 %, a) 1. až 28. deň, b) 1. až 5. deň

10: Meraný a predpokladaný nábeh pevnosti v tlaku vzoriek s w/c = 0,3 pri 20 °C a RH 98 %

11: Meraný a predpokladaný nábeh pevnosti v tlaku vzoriek s w/c = 0,36 pri 20 °C a RH 98 %

12: Meraný a predpokladaný nábeh pevnosti v tlaku vzoriek s w/c = 0,42 pri 20 °C a RH 98 %

Vnútorné ošetrovanie – Vývoj pevností

Internal Curing – Strength Development

V článkoch z tohto cyklu sme popísali význam ošetrovania čerstvého betónu najmä z hľadiska trvanlivosti / životnosti betónových konštrukcií. Predstavili sme rôzne metódy ošetrovania, princípy ich fungovania a dôkazy rôzne o účinnosti. Tá sa zameriavala najmä na objemové zmeny a súvisiaci vývoj napätí, ktoré môžu vyvolať vznik trhlín. Odhalili sa rozpory medzi zaužívanými postupmi a skutočnosťou a predstavili sme nové prístupy k výpočtu/návrhu vnútorného ošetrovania (IC). V rámci overovania pôsobenia IC v kvázi reálnych podmienkach sa zisťoval aj vplyv na mechanické vlastnosti betónu. Do experimentu sa zaradila aj ďalšia (často používaná) metóda ošetrovania. Výsledky pôsobenia jednotlivých metód ošetrovania plošných betónových konštrukcií pri letných betonážach prinášame v tomto pokračovaní cyklu .

Kľúčové slová:

Betón, Pevnosť, Ošetrovanie, Vnútorné ošetrovanie, Letná betonáž, Ochranný voskový nástrek

In the papers of this series, we described an impoertance of fresh concrete curing, in particular pointing out durability / service life of the concrete structures. There were presented various curing methods, their principles and evidences of their effectivity. They were focused mainly on volume changes and related stresses development which may induce cracking. There were identified the gaps between conventional procedures and reality and we introduced brand new approaches to calculation/design of the internal curing (IC). Within verification of IC in quasi real ambient environment, there was also investigated the influence on mechanical characteristics of concrete. To the experiment, there was included also another (frequently used) curing method. The results of the action of these particular methods of curing of flat concrete works during summer concretings we bring up in this episode of the series.

Key words:

Concrete, Strength, Curing, Internal Curing, Hot Weather Concreting, Protective Paraffine Film

Úvod

Overenie vplyvu metód ošetrovania betónu na pevnosť betónu v tlaku (a súvisiace mechanické vlastnosti) sa vykonal ako doplnkový experiment ku skúškam straty vlhkosti z betónu pri expozícii určitému okolitému prostrediu. Pozornosť sa venovala pevnosti v tlaku ako najvýznamnejšiemu parametru, vzhľadom na ktorý existujú empirické vzťahy na dopočet iných vlastností. Predpokladalo sa, že diferencovaná strata vlhkosti z betónu s relatívne nízkym vodným súčiniteľom pri pomerne nepriaznivých podmienkach prostredia sa prejaví na nábehu a výslednej (28 dňovej) pevnosti betónu v tlaku ako dôsledok nedostatku vlhkosti. Podstatou bolo komparatívne zhodnotiť účinnosť a účelnosť vnútorného ošetrovania (IC) v porovnaní s inou, účinnou a technologicky ľahko zvládnuteľnou metódou – ochranných nástrekov.

Použité materiály

Pre skúšky sa použil portlandský cement CEM I 42,5 N s mernou hmotnosťou 3077 kg/m3. Chemické zmrašťovanie použitého cementu bolo 7% a jemnosť stanovená podľa Blaina 344,77 m^2/kg. Začiatok tuhnutia sa podľa STN EN 1015-9 stanovil na 185,3 min, pričom koniec tuhnutia sa zistil v 254,6 min.

Ako hutné kamenivo sa použilo prírodné ťažené kamenivo frakcií 0/4; 4/8 a 8/16 s mernou hmotnosťou a ostatnými vlastnosťami podľa tab. 1. Ako ľahké kamenivo sa s ohľadom na predchádzajúce skúšky a publikované závery použilo LWA s obchodným názvom Liapor, a to vo frakciách 0/4 (M) a 0/1 (D). Všetky podstatné vlastnosti LWA sú uvedené v tab. 1. Ako plastifikačná prísada (WRA) sa použil superplastifikátor Berament HT2 s účinnou látkou na báze polykarboxylátu.

Tab. 1: Vlastnosti použitého hutného a ľahkého kameniva

Kamenivo	Hutné kamenivo			Ľahké kamenivo	
Vlastnosť	0/4	4/8	8/16	0/4 (M)	0/1 (D)
Merná hmotnosť (kg/m^3):	2510,00	2620,00	2620,00	1070,00	1700,00
Sypná hmotnosť (kg/m^3):	1630,00	1510,00	1510,00	410,00	610,00
Nasiakavosť (%):	1,80	0,70	0,60	7,73	4,80
Medzerovitosť (%):	35,06	42,37	42,37	61,68	64,12
Tvarový index (%):		4,00	3,00		

Použité materiály

Pre overenie vplyvu metód ošetrovania na pevnosť v tlaku doskových skúšobných telies sa zvolila jedna receptúra s konštantným vodným súčiniteľom w/c=0,42. Vodný súčiniteľ, pri utesnenom systéme, zabezpečuje dosiahnutie stupňa hydratácie αmax = (0,83; 1,00 a 1,00, v tomto poradí). Receptúra sa modifikovala iba v dôsledku náhrady 7,0 % hutného kameniva pomocou LWA. Spoločne sa vyrobili 3 zámesi. Jedna referenčná, druhá rovnako referenčná avšak ošetrovaná nástrekom parafínovej emulzie a tretia s vnútorným ošetrovaním (podrobnejšie v tab. 2).

Výroba a kondiciovanie vzoriek

Pred samotnou výrobou vzoriek sa vykonali pomocné a prípravné procesy. Jedným z nich bola príprava hutného kameniva sušením po dobu 24±2 hod. pri teplote 110±5 °C (podľa STN EN 1097-6). Vysušené hutné kamenivo sa uložilo v plastových uzatvárateľných nádobách tak, aby nedošlo k absorpcii vzdušnej vlhkosti. V prípade výroby vzoriek s IC sa 24±2 hod. pred miešaním do uzatvárateľnej plastovej nádoby pripravila dávka LWA (v danom pomere miešania frakcií) spolu s celkovou dávkou zámesovej a ošetrovacej vody.

Miešanie sa vykonávalo v bežnej laboratórnej miešačke s užitočným objemom 80 l. Pred miešaním sa vždy dodržal rovnaký postup dávkovania. Ako prvé sa nadávkovalo hutné kamenivo frakcie 0/4, 4/8 a 8/16 mm. Následne sa pridal cement a suchá zmes sa nechala miešať približne 15 sekúnd. Po tejto dobe sa ako posledná zložka pomalým liatím pridala voda (s obsiahnutým WRA). Receptúra s IC sa zhotovila obdobne pomalým liatím rozmiešanej vody a SLWA spolu s pridaným WRA. Zmes sa miešala približne 30 sekúnd. Nasledovala približne 30 sekundová prestávka, počas ktorej sa ručne zo stien miešačky zoškriabal nerozmiešaný cement a pokračovalo sa v miešaní ďalších 15 sekúnd.

Po ukončení miešania sa zmesou naplnili doskové formy rozmerov 225x335 mm, ktoré sa zhutnili 25 nárazmi formy na podložku z výšky cca 1,0 cm. Následne sa povrch zahladil a telesá sa okamžite umiestnili do klimatizačnej komory s nastavenými okrajovými podmienkami prostredia. Vosková emulzia sa aplikovala mechanickým rozprašovačom na povrch skúšobných telies. Pri aplikácii nesmela byť na povrchu telies odlúčená voda. Nástrek sa na vzorky nanášal mechanickým rozprašovačom s diskrétnym dávkovaním (1,077±0,012) g.

Vzorky pozostávali z troch doskových skúšobných telies. V klimatizačnej komore sa uchovávali po dobu 28 dní v prostredí s teplotou 30±2 °C; relatívnou vlhkosťou 40±5 % a rýchlosťou prúdenia vzduchu 3 km/h.

Tab. 2: Použité receptúry

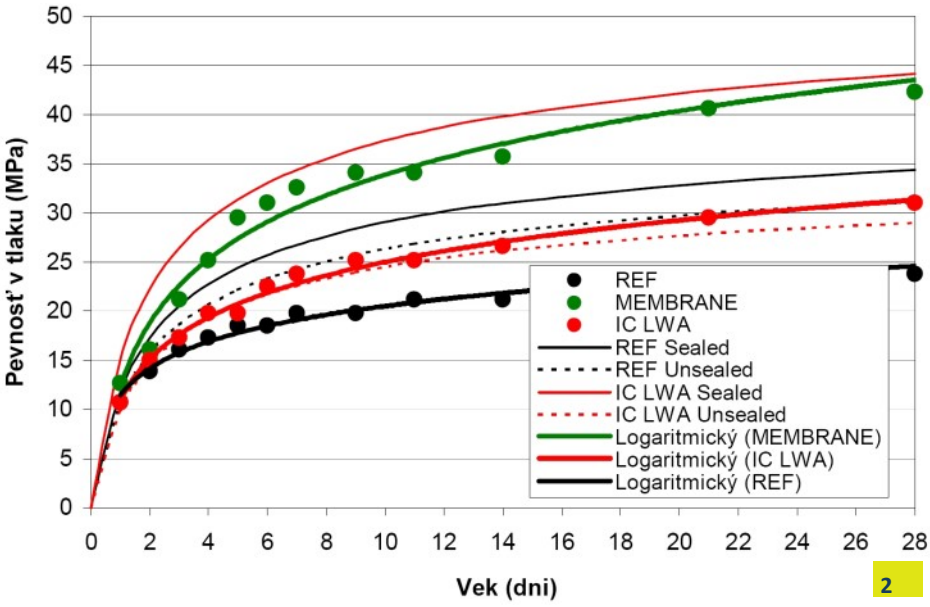
Zložka	Použitá receptúra (kg/m^3)		
	REFERENCE	MEMBRANE	7,0 % LWA
CEMENT	456,335	456,335	427,252
VODA	220,101	220,101	196,588
Kamenivo 0/4	809,603	809,603	718,859
Kamenivo 4/8	507,050	507,050	525,425
Kamenivo 8/16	338,033	338,033	350,284
WRA	1,751	1,751	1,642
LWA 0/4 (M)	0,000	0,000	38,393
LWA 0/ (D)	0,000	0,000	20,333

Nedeštruktívne meranie informatívnej pevnosti v tlaku

Pre meranie pevnosti v tlaku sa zvolila tvrdomerná nedeštruktívna metóda podľa STN EN 12 504-2. Meranie sa vykonávalo Schmidtovým tvrdomerom typu N na troch skúšobných telesách, vždy v stredovej oblasti na ploche 1 dm2. Informatívna pevnosť sa stanovila vo veku (t) 1; 3; 4; 5; 6; 7; 9; 11; 14; 21 a 28 dní. Každé meranie pozostávalo z 9 platných čítaní (spadajúcich do intervalu stredná hodnota ± 20 %). Merané hodnoty odrazov sa prostredníctvom kalibračného vzťahu pretransformovali na tabuľkovú a následne (zohľadnením veku a vlhkosti betónu) na informatívnu pevnosť betónu v tlaku v príslušnom veku t (dni) $R_{b,inf}$ (MPa).

Interpretácia výsledkov

Výsledky meraných pevností betónu v tlaku (obr. 2) demonštrujú vplyv ošetrovania betónu pri letných betonážach na výsledné mechanické vlastnosti, ktoré možno odvodiť z pevnosti v tlaku na základe empiricky stanovených závislostí. Pevnosti v tlaku sú plne v zhode s výsledkami straty vlhkosti z betónu pri rôznych metódach ošetrovania. Zo straty vlhkosti pri expozícii prostrediu simulujúcemu letné betonáže vyplynulo, že ošetrovanie pomocou membrány výrazne redukuje množstvo odparenej vody z betónu. Vnútorné ošetrovanie mierne zvyšuje intenzitu odparovania v počiatočnom veku, no (ako sa ukázalo z DTA, TG a DSC analýzy) vodu pre hydratáciu poskytuje plynulo a z dlhodobého hľadiska tak napomáha vytvárať hutnú a dobre kryštalizovanú štruktúru. Pri oboch metódach ošetrovania sa dosiahol nárast 28 dňovej pevnosti v tlaku v porovnaní s referenčnou vzorkou bez ošetrovania. Získané informatívne 28 dňové pevnosti sumarizuje tab. 3. Vzorka s ošetrovaním membránou dosiahla v porovnaní s referenčnou vzorkou o 77 % vyššiu pevnosť. Vzorka s IC zaznamenala nižší relatívny nárast pevnosti v porovnaní



Tab. 3: Prehľad výsledkov 28 dňových pevností betónu v tlaku a súvisiacich parametrov				
Vzorka	28 dňová pevnosť v	Objemová hmotnosť (kg/m^3)	Porovnanie s REFERENCE (%)	Cement v porovnaní s REFERENCE (%)
REFERENCE	23,8	2346,00		
MEMBRANE	42,3	2346,00	177,73	100,00
IC LWA	31,0	2281,00	130,25	93,63

s referenčnou vzorkou (+ 30 %), no pri súčasnom znížení dávky cementu o takmer 7 %, znížení objemovej hmotnosti betónu z 2346 kg/m^3 na 2281 kg/m^3 a výrazne nižšej pevnosti LWA v porovnaní s hutným kamenivom.

Záver

Preukázal sa výrazný vplyv ošetrovania proti nepriaznivým účinkom vplyvu prostredia typického pre letné betonáže na pevnosť betónu v tlaku. Znížená strata vlhkosti z betónu ošetrovaním pomocou aplikovanej membrány (o 20 – 50 %) sa prejavila zvýšením pevnosti v tlaku až o približne 70 % (z 24 MPa na 42 MPa) pri nezmenenej receptúre. Vnútorné ošetrovanie s dávkou 7,0 % LWA umožnilo nárast pevnosti v tlaku o približne 30 % (z 24 MPa na 31 MPa) pri mierne zníženej celkovej strate vlhkosti, navyše aj napriek zabudovaniu pórovitého kameniva s nízkou pevnosťou a zníženiu dávky cementu o cca 6 % (v dôsledku zmeny pomeru cementového tmelu a kameniva pri IC).

Poďakovanie

Tento článok vznikol ako súčasť riešenia projektu VEGA č. 1/0511/19.

Literatúra:

[1] Briatka, P., Makýš, P.: Ošetrovanie čerstvého betónu – 1. Strata vody z betónu, Beton TKS, Vol. 10, No. 1, Beton TKS, Praha, 2010.
[2] Briatka, P., Makýš, P.: Ošetrovanie čerstvého betónu – 2. Superabsorpčné polyméry, Beton TKS, Vol. 10, No. 2, Beton TKS, Praha, 2010.
[3] Briatka, P., Makýš, P.: Ošetrovanie čerstvého betónu – 3. Nasiaknuté ľahké kamenivo, Beton TKS, Vol. 10, No. 3, Beton TKS, Praha, 2010.
[4] Briatka, P., Makýš, P.: Ošetrovanie čerstvého betónu – 4. Konvenčný návrh ošetrovania pomocou ľahkého kameniva, Beton TKS, Vol. 10, No. 6, Beton TKS, Praha, 2010, pp:40-43.
[5] Briatka, P., Makýš, P.: Ošetrovanie čerstvého betónu – 5. Návrh receptúry čerstvého betónu s vnútorným ošetrovaním, Beton TKS, Vol. 11, No. 6, Beton TKS, Praha, 2011, pp: 36-42.
[6] Briatka, P., Makýš, P.: Ošetrovanie čerstvého betónu – 6. Odparovanie vody, konvencia a skutočnosť, Beton TKS, Vol. 12, No. 6, Beton TKS, Praha, 2012.
[7] Briatka, P., Janotka, I., Makýš, P.: Ošetrovanie čerstvého betónu – 7. DTA, TG a DSC overenie pôsobenia vnútorného ošetrovania, Beton TKS, Vol. 13, No. 1, Beton TKS, Praha, 2013.
[8] STN EN 12504-2 Skúšanie betónu v konštrukciách. Časť 2: Nedeštruktívne skúšanie. Stanovenie tvrdosti odrazovým tvrdomerom .
[9] STN EN 1992-1-1/AC/NA Eurokód 2. Navrhovanie betónových konštrukcií. Časť 1-1: Všeobecné pravidlá a pravidlá pre budovy. Národná príloha.

Autori:

- Dr. Peter Briatka, MBA., COLAS Slovakia, a.s., Košice
- Ing. Jana Briatková Olšová, Bria Invenia, s.r.o., Bratislava
- Ing. Ivan Vavrík, Stavebná fakulta STU, Bratislava

Zaradenie článku:

- Vedecký

Obrázky:

1: Ilustračný obrázok

2: Pevnosť v tlaku (meraná tvrdomernou metódou vs. zistená na trámčekoch)

Modely porušovania betónových stavieb pri environmentálnom zaťažení

Models for failure of concrete structures under environmental loads

Z dôvodu neporozumenia degradácie materiálov sa v minulosti na stavbách infraštruktúry vyskytli mnohé predčasné poruchy. Trvanlivosť infraštruktúry sa stala vážnym problémom z dôvodu vysokých nákladov, ktoré ovplyvňujú produktivitu a kvalitu života v mnohých krajinách. V nedávnej minulosti boli vyvinuté matematické modely mechanizmov, ktoré spôsobujú ich materiálne poškodzovanie a zlyhanie. V stavebnej praxi je nutné harmonizovať ich používanie pomocou medzných stavov a bežnej terminológie. V článku je predstavený rámec pre navrhovanie betónových konštrukcií pre udržateľnosť a odolnosť voči agresívnym prostrediam.

Key words:

Betónové konštrukcie, Karbonatizácia, Chloridy, Porušovanie, Environmentálne zaťaženia

Many premature failures have occurred in infrastructure structures because of a lack of understanding of material deterioration. The durability of infrastructure has become a serious problem with high costs, influencing the productivity and quality of life in many countries. Developments have recently taken place in mathematical modelling of the mechanisms that cause material deterioration and failure. There is a need to harmonize the use of these models in practice by using the limit states method and a common terminology. In this paper, a framework for the design of concrete structures for sustainability and durability against various aggressive environments is presented.

Kľúčové slová:

Roud robin tests, Proficiency testing, Accreditation, Accredited laboratory

Úvod

Pri návrhu nových železobetónových stavieb treba, okrem medzných stavov únosnosti a používateľnosti, zohľadniť aj požadovanú úroveň trvanlivosti konštrukcie (tzv. medzný stav trvanlivosti). Základným kritériom navrhovania konštrukcie je požadovaná doba životnosti. Čím presnejšie sa stanoví, tým efektívnejšia bude optimalizácia stavebných činností a nákladov.

V celkových nákladoch stavby sa potom zohľadnia nielen náklady na jej zhotovenie, ale aj náklady potrebné počas jej prevádzky. Tento holistický postup sa stáva v súčasnosti čoraz viacej aktuálny, nakoľko významné stavby infraštruktúry sa u nás realizujú buď z limitovaných položiek štátneho rozpočtu alebo pomocou PPP projektov.

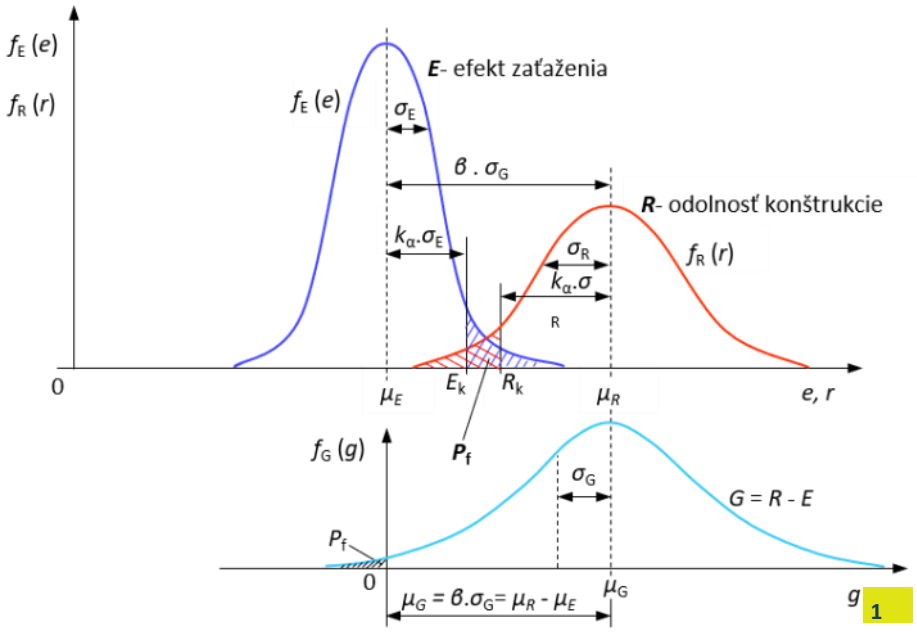
Výhody holistického prístupu v oblasti navrhovania betónových stavieb sa využívajú až v posledných rokoch. Jeho aplikácia je mimoriadne vhodná na inžinierske stavby, nakoľko sa jedná o železobetónové konštrukcie s veľkým pomerom medzi plochou vystavenou obklopujúcemu prostrediu a prierezovými rozmermi. Vzhľadom na charakter konštrukcie a spôsob využívanie je ich spoľahlivosť, tzn. bezpečnosť, používateľnosť a trvanlivosť, okrem priameho a nepriameho zaťaženia je ohrozená aj chemickými a fyzikálnymi účinkami prostredia.

Od zavedenia tzv. Eurokódov boli pre viaceré procesy porušovania stavebných materiálov uverejnené analytické modely na plne pravdepodobnostnom základe, ktoré môžu byť využité na manažérstvo spoľahlivosti podľa STN EN 1990.

Manažérstvo spoľahlivosti podľa Eurokódov

Konštrukciu možno považovať za spoľahlivú, ak jej odolnosť (R) a účinky zaťaženia (E) spĺňajú podmienku R ≥ E alebo ak funkcia medzného stavu G = R – E ≥ 0. Skutočná odolnosť konštrukcie R a skutočné účinky zaťaženia E sú však premenné veličiny (premenná v mieste aj čase) a vždy sa líšia od tých, ktoré vypočíta projektant. Pri projektovaní konštrukcií sa musia preto tieto neistoty premietnuť do návrhu. Na to sa používajú rôzne pravdepodobnostné metódy. Eurokódy požadujú po dobu životnosti stavieb požadovanú úroveň spoľahlivosti, v závislosti od tried následkov poruchy (CC1 až CC3) a k nim priradeným triedam spoľahlivosti (RC1 až RC3). Miera spoľahlivosti sa vyjadruje pravdepodobnosťou dosiahnutia medzného stavu Pf (pravdepodobnosť poruchy) alebo indexom spoľahlivosti β. Odporúčané maximálne hodnoty Pf a minimálne hodnoty β, pre jednotlivé triedy spoľahlivosti sú uvedené v Tabuľke 1.

Funkcia G predstavuje elementárnu stavovú funkciu, kde R a E sú náhodné premenné. Ak náhodné premenné sú štatisticky vzájomne nezávislé, potom aj G je náhodná veličina a jej štatistické parametre sa dajú určiť zo štatistických charakteristík R a E (obr. 1). Množina bodov, ktorá spĺňa rovnicu G = R – E = 0 sa nazýva hranica porušenia.



1

Manažérstvo životnosti betónových stavieb

Miera spoľahlivosti nie je v čase konštantná hodnota. Na hornej časti obr. 2 je schematicky znázornené zmenšovanie spoľahlivosti (zväčšovanie pravdepodobnosti poruchy) spôsobené nárastom účinkov zaťaženia E(t) a poklesom odolnosti konštrukcie R(t) počas jej životnosti. Keďže odolnosť aj účinky zaťaženia podliehajú rozptylom, ako to naznačujú krivky rozdelenia, musia byť ich fyzikálne modely dané pravdepodobnostnou funkciou. S vekom konštrukcie narastajúci prienik

Tab. 1: Odporúčané min. hodnoty β a max. hodnoty P_f [9]

Trieda spoľahlivosti	Medzné stavy únosnosti			Medzné stavy používateľnosti		
	b		$P_{f,lim}$	b		$P_{f,lim}$
	1 rok	50 rokov		1 rok	50 rokov	
RC3	5,2	4,3	$8,4.10^{-6}$	2,5	1,5	$6,7.10^{-2}$
RC2	4,7	3,8	$7,2.10^{-5}$			
RC1	4,2	3,3	$4,8.10^{-4}$			

oboch kriviek rozdelenia predstavuje zvýšenú pravdepodobnosť poruchy P_f. Keďže P_f je funkciou času, tak aj hodnota β je závislá od času.

Proces porušovania betónu je charakterizovaný rôznymi štádiami porušenia. Určité štádium porušenia môže byť spojené s dosiahnutím niektorého z medzných stavov konštrukcie (obr. 3 spodná časť). Karbonatáciou alebo chloridmi vyvolaná depasivácia výstuže znamená medzný stav, pri ktorom buď karbonatácia betónu dosiahne povrch výstuže alebo obsah chloridov v betóne na povrchu výstuže prekročí kritickú hodnotu (0,6 % hm. cementu [3]). V tomto prípade sa nejedná o klasický medzný stav, ktorý po prekročení spôsobí obmedzenie používateľnosti. Ide o náhradný medzný stav, ktorý predchádza obmedzeniam skutočného medzného stavu používateľnosti (napr. vznik trhlín, odpadnutie krycej vrstvy vyvolané koróziou výstuže). Medzný stav únosnosti je definovaný ako významná forma porušenia prierezu trhlinami alebo odpadnutím krycej vrstvy (porucha kotvenia výstuže) alebo neprípustnou stratou prierezovej plochy výstuže.

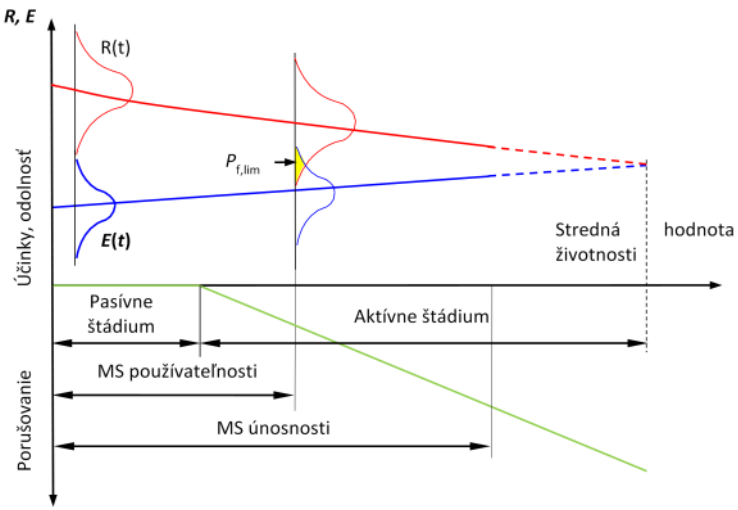
Tab. 2 uvádza odporúčané minimálne hodnoty β a maximálne hodnoty P_f pre jednotlivé triedy spoľahlivosti.

Na navrhovanie a overovanie konštrukcií/prvkov sa, okrem medzných stavov používateľnosti a únosnosti, používajú aj medzné stavy trvanlivosti [5]. Ich aplikácia si vyžaduje poznanie obklopujúceho prostredia, transportných pochodov, environmentálneho zaťaženia a ich účinkov na konštrukciu/prvok (obr. 3).

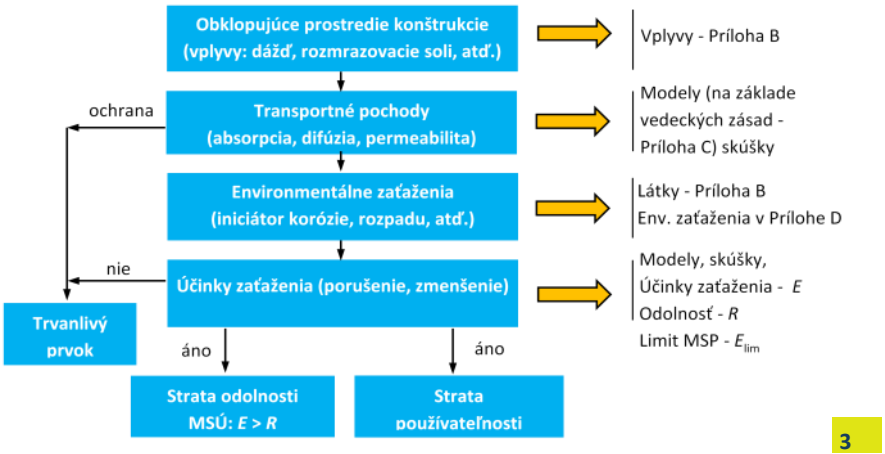
Environmentálne zaťaženia sú fyzikálne, chemické, elektrochemické alebo biologické účinky prostredia. Časovo závislé matematické modely porušovania materiálov od účinkov environmentálneho zaťaženia umožňujú predpovedanie životnosti konštrukcie/prvku. Model Code „Service Life Design" [3] obsahuje modely pre karbonatáciu betónu, chloridmi iniciovanú koróziu výstuže a porušenie betónu zmrazovacími cyklami. Väčšina parametrov materiálových modelov sú náhodné veličiny, ktoré vyžadujú štatistickú kvantifikáciu. Potrebné štatistické parametre sú typ funkcie rozdelenia (napr. Gausova krivka), stredná hodnota a smerodajná odchýlka.

Model pre karbonatáciou betónu iniciovanú depasiváciu výstuže

Plne pravdepodobnostný model pre karbonatáciou betónu iniciovanú koróziu výstuže je založený na rovnici (1), v ktorej sa porovnáva hrúbka betónovej krycej vrstvy s hĺbkou karbonatácie $x_c(t)$ v sledovanom čase t



2



3

Tab. 2: Odporúčané min. hodnoty β a max. hodnoty P_f [3]

Stupeň vplyvu prostredia	Iniciátor porušenia	Trieda spoľahlivosti	Medzné stavy používateľnosti	Medzné stavy únosnosti
			Depasivácia	Zrútenie
XC; XD; XS	Karbonatácia, rozmrazovacie soli, morská voda	RC1	1,3 ($P_f \approx 10^{-1}$)	3,7 ($P_f \approx 10^{-4}$)
		RC2		4,2 ($P_f \approx 10^{-5}$)
		RC3		4,4 ($P_f \approx 10^{-6}$)

$$g(a, x_c(t)) = a - x_c(t) = a - \sqrt{2.k_e.k_c.\left(k_t.R^{-1}{}_{ACC,0} + \varepsilon_t\right).C_S}\ .\sqrt{t}\ .W(t) \quad (1)$$

Kde

t	je čas (roky)
k_e	funkcia zohľadňujúca vlhkosť betónu [-]
k_c	parameter zohľadňujúci ošetrovanie betónu [-]
k_t	parameter zohľadňujúci vplyv urých lenej skúšky karbonatácie betónu (ACC) [-]
$R^{-1}{}_{ACC,0}$	obrátená hodnota odporu betónu proti karbonatácií [(mm²/a)/kg CO_2/m³)]
ε_t	zohľadnenie nepresnosti pri použití urýchlenej skúšky karbonatácie (ACC)
C_S	koncentrácia CO_2 [kg CO_2/m³]
W(t)	funkcia zohľadňujúca miestne klimatické pomery [-]

Rovnica (1) je založená na prevládajúcej difúzii v betóne (Fickov 1. difúzny zákon). Predpokladá sa, že difúzny koeficient pre CO_2 je konštantný, napriek tomu, že v priebehu životnosti je funkciou viacerých premenných.

Model pre chloridmi iniciovanú depasiváciu výstuže

Plne pravdepodobnostný model pre chloridmi iniciovanú depasiváciu výstuže je založený na rovnici (2), v ktorej je kritická koncentrácia chloridov Ccrit porovnávaná s ich aktuálnou koncentráciou v úrovni výstuže v čase t C(x = a, t)

$$C_{crit} = C(x = a,t) = C_0 + \left(C_{S,\Delta x} - C_0\right).\left[1 - erf\ \frac{a - \Delta x}{2.\sqrt{D_{app.,C}(t)\,.t}}\right] \quad (2)$$

kde

C_0 je pôvodný obsah chloridov v betóne [hm.-%/c]

$C_{S,\Delta x}$ obsah chloridov hĺbke Δx v sledovanom čase [hm.-%/c]

x hĺbka so zodpovedajúcim obsahom chloridov C(x, t) [mm]

a hrúbka betónovej krycej vrstvy [mm]

Δx hĺbka povrchu ostrekovanej oblasti s častou zmenou vlhkosti (penetrácia chloridov sa tu odlišuje od 2. Fickovho difúzneho zákona) [mm]

$D_{app.,C}(t)$ koeficient difúzie chloridov v betóne [mm^2/rok]

t čas [rok]

Uplatnenie degradačných modelov v praxi

Použitie degradačných modelov poskytuje informácie, ktoré umožňujú kvalitnejšie rozhodovania v rôznych štádiách navrhovania alebo overovania konštrukcie. Ich aplikácia vyžaduje nadštandardné vedomosti z technológie betónu, charakteristiky vstupných parametrov a aplikáciu vhodného pravdepodobnostného software. Nájde uplatnenie najmä pri veľkých projektoch stavebnej infraštruktúry s dlhou požadovanou životnosťou, resp. v agresívnom prostredí.

V Nemecku prebiehajú práce na združenom vedeckom projekte, ktorého cieľom je vydanie smernice „Zásady trvalo udržateľného rozvoja betónových stavieb“ [2]. V rámci projektu vzniká aj základný koncept manažérstva životnosti, ktorý je založený na kombinácii pravdepodobnostných degradačných modelov na predpovedanie stavu a nedeštruktívnych metód skúšania, na báze trojdimenzionálneho, hierarchicky organizovaného modelu stavby.

Geometria stavby v 3D modeli sa exportuje z CAD systému a uloží do banky dát. Okrem geometrie sa jednotlivým nosným prvkom priradia všetky informácie o použitých materiáloch, environmentálnych zaťaženiach a odolnosti. Všetky pre model významné informácie (napr. hrúbka krycej vrstvy, účinok chloridov, atď.) sa uložia priamo do 3D modelu ako náhodné veličiny (včítane štatistických parametrov). Modul posúdenie stavu stavby slúži k vloženiu nameraných hodnôt z kontinuálneho (monitorovacie snímače) a diskontinuálneho (prehliadky vyšetrovania do databázy. Poznatky o odolnosti prvkov (napr. kvalita betónu, krycia vrstva) a environmentálnom zaťažení (napr. koncentrácia CO_2 alebo Cl^-) umožnia v prognostickom module vypočítať očakávaný vývoj stavu prvkov. Ak sú známe degradačné modely prebehne pravdepodobnostný výpočet v externom nástroji. Výsledkom sú pravdepodobnosť poruchy Pf alebo index spoľahlivosti β pre rozhodujúci medzný stav. K hodnoteniu a porovnávaniu stavu jednotlivých prvkov sa v hodnotiacom module prvkom udeľujú známky stavu od 0 (žiadne obmedzenie) po 6 (strata odolnosti). V module rekonštrukcia sa kvalifikovanému inžinierovi poskytuje katalóg opravných zásad (princípov). Po stanovení zásady sa zvolí vhodná metóda (napr. podľa [11]). Opravou vygenerovaný nový stav sa opäť vloží do databázy. Pre hlavné iniciátory korózie výstuže v betóne karbonatáciu betónu a difúziu chloridov, ako aj účinok zmrazovacích cyklov sú k dispozícii probabilistické degradačné modely. Pre ostatné mechanizmy porušovania sa odporúča použiť Markovove reťazce.

Záver

Pri návrhu nových betónových stavieb treba splniť nielen požiadavky medzných stavov únosnosti a používateľnosti, ale aj trvanlivosti. Pri úvahách o životnosti a nákladoch sa musia zohľadniť celkové náklady, včítane nákladov na údržbu, demoláciu a recykláciu. Pri takomto komplexnom hodnotení nákladov sa výraznejšie prejavia výhody primárnej ochrany betónu oproti sekundárnej ochrane. Pravidelné prehliadky sa na Slovensku t. č. používajú pri hodnotení stavu a údržbe mostov a tunelov. Výsledky týchto tzv. hlavných prehliadok neposkytujú vstupné veličiny pre štatistické vyhodnotenie, na obnovu ich spoľahlivosti sa preto nemôžu použiť pravdepodobnostné metódy. Na minimalizovanie celkových nákladov a trvalo udržateľný rozvoj je vhodné, predovšetkým pre stavby infraštruktúry s dlhodobou životnosťou, použiť vhodnú koncepciu manažérstva životnosti s využitím pravdepodobnostných metód. Náklady na monitorovanie a prehliadky sa viacnásobne vrátia nižšími nákladmi na údržbu a opravy, resp. skrátením doby odstávok.

Poďakovanie

Príspevok vznikol za podpory výskumného projektu VEGA 1/0645/20 „Navrhovanie a zosilňovanie betónových konštrukcií na trvanlivosť“.

Literatúra:

[1] HEGER, T. at all: : Beton – Nachhaltiges Bauen im Lebenszyklus. Bauingenieur. Volume 86, 8/2009, S. 304-312.

[2] DAfStb: Schlussberichte zur ersten Phase des DAfStb/BMBF-Verbundforschungsvorhabens „Nachhaltig Bauen mit Beton“. Heft 572, 2007, 354 S.

[3] fib: Model Code for Service Life Design. fib bulletin 34 February 2006, 110 s.

[4] Briatka, P., Makýš, P.: Ošetrovanie čerstvého betónu – TEPLÝ, B.: Management životnosti a spolehlivosti konstrukcí. Beton TKS 2/2010, s.6-8.

[5] ISO 13823: General principles on design of structures for durability, 2008, 46 s.

[6] STN EN 1992-1-1: Eurokód 2 Navrhovanie betónových konštrukcií. Časť 1-1 : Všeobecné pravidlá a pravidlá pre budovy. Júl 2006, 200 s.

[7] STN EN 206-1: Betón. Časť 1: Špecifikácia, vlastnosti, výroba a zhoda. Apríl 2002, 72 s.

[8] STN EN 1990: Zásady navrhovania konštrukcií. August 2009, 68 s.

[9] BILČÍK, J. - FILLO, Ľ, - HALVONÍK, J.: Betónové konštrukcie. Betoning, s.r.o., Bratislava 2005, 314 s.

[10] MÜLLER. H.S. – VOGEL, M.: Lebenscyklusmanagement im Betonbau. Beton 5/2008, S 206-214

[11] EN 1504-9: Výrobky a systémy na ochranu a opravu betónových konštrukcií. Definície, požiadavky, riadenie kvality a hodnotenie zhody. Časť 9: Všeobecné zásady používania výrobkov a systémov. September 2001, 30 str.

Autori:

- Ing. Ivan Hollý, PhD., Stavebná fakulta STU, Bratislava
- Prof. Ing. Juraj Bilčík, PhD., Stavebná fakulta STU, Bratislava

Zaradenie článku:

- Vedecký

Obrázky:

1: Funkcia medzného stavu G, pravdepodobnosť poruchy P_f a index spoľahlivosti β

2: Vývoj spoľahlivosti ako následok zmien účinkov zaťaženia a odolnosti betónu [10]

3: Schéma navrhovania a overovania na medzný stav trvanlivosti [5]

Spoje betónových prefabrikovaných konštrukcií

Connections of Concrete Precast Structures

Konštrukčná celistvosť prefabrikovaných železobetónových konštrukcií závisí najmä od spojenia jednotlivých prvkov montovanej konštrukcie. Funkciou spojov je prenos zaťažení, obmedzenie pretvorení a/alebo zabezpečenie stability prvku alebo celej konštrukcie. Z toho dôvodu návrh spojov je jedným z hlavných aspektov pri realizácii prefabrikovaných železobetónových konštrukcií. Všetky spoje musia byť navrhnuté podľa platných normových postupov. Článok opisuje základné typy spojov používaných v prefabrikovaných železobetónových konštrukciách.

Kľúčové slová:

Betón, Spoje, Prefabrikované prvky

The structural integrity of precast concrete structures mainly depends on the connections between the precast structural elements. The purpose of a connection is to transfer loads, restrain movement, and/or to provide stability to a component or an entire structure. Therefore, the design of connections is one of the most important aspects in the design of precast concrete structures. All the connections should be designed according to the valid codes. This paper describes basic type of connections used in precast concrete structures.

Key words:

Concrete, Connections, Precast elements

Úvod

Najväčší rozmach prefabrikovaných konštrukcií na Slovensku nastal v druhej polovici 20. storočia. V bývalom Československu začalo používanie prefabrikovaných konštrukcií okolo roku 1930. Začiatky prefabrikácie sú spojené s prudkým rozmachom priemyslu. Podobná situácia nastáva po druhej svetovej vojne a bola spojená s obnovou zničenej priemyselnej infraštruktúry. Po roku 1960 začína rozsiahla výstavba nebytových konštrukcií (nemocnice, kancelárie, obchodné domy, kultúrne objekty atď.). V Československu bolo celkovo vyvinutých asi 30 prefabrikovaných konštrukčných systémov [1].

Montované konštrukcie (známe tiež ako prefabrikované konštrukcie) sú také, u ktorých je podstatná časť objektu zhotovená z prefabrikovaných prvkov, vyrobených vo výrobni (vo väčšine prípadov vzdialenej od miesta výstavby). Najčastejšie používané druhy prefabrikovaných prvkov sú stĺpy, nosníky, plné a dutinové dosky (napr. Spiroll), stenové planely, kalichové pätky a pod. Na obrázku 1 sú niektoré z týchto prvkov.

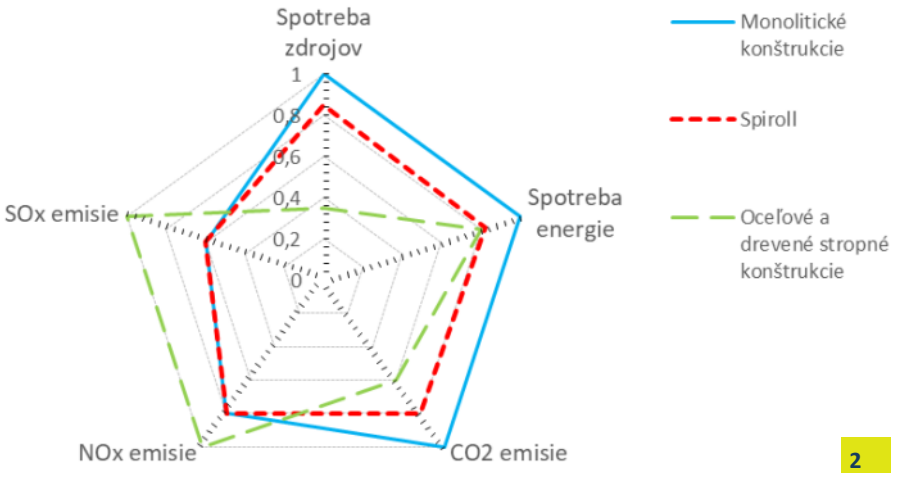
1

V normových predpisoch na návrh stavebných konštrukcií je možné v prípade prefabrikátov redukovať niektoré vplyvy, ktoré vstupujú do procesu ich návrhu. Medzi výhody použitia prefabrikátov patria:

- kontrola zmrašťovania: použitím betónov s nižším vodným súčiniteľom pri prefabrikovaných prvkoch možno znížiť konečnú hodnotu zmrašťovania betónu,
- kontrola kvality: výrobou prvkov vo výrobni je možné dosiahnuť vyššiu presnosť zhotovovania debnenia, ukladania výstuže, ako aj lepšie zhutnenie pri ukladaní čerstvého betónu. Taktiež je zabezpečená minimálna rozmerová tolerancia vyrobených prvkov,
- časová dostupnosť: mnohé prefabrikované prvky sú výrobcami poskytované ako typizované prefabrikáty s krátkou dodacou lehotou,
- skrátenie času výstavby: využitím prefabrikovaných prvkov možno významne skrátiť potrebný čas výstavby v porovnaní s monolitickou konštrukciou,
- ekonomickosť: hromadná výroba štandardizovaných prvkov umožňuje znižovať náklady na výrobu foriem (práca a materiál),
- použiteľnosť pre kompozitné konštrukcie: využite kombinácie montovaných a monolitických častí (konštrukcie typu prefamonolit) umožňuje zlepšiť celkovú tuhosť konštrukcie,
- nižšie náklady na údržbu stavebnej konštrukcie: pri výrobe prefabrikátoch sa používajú kvalitnejšie materiály (napr. betóny vyšších pevnostných tried) a vyššia úroveň kontroly kvality výrobného procesu, čím sa zvyšuje ich trvanlivosť,
- trvalá udržateľnosť: využitím prefabrikovaných prvkov je možné za určitých podmienok znížiť množstvo surovín a energií, potrebných na výstavbu, ako aj znížiť produkciu odpadov.

1

Obrázok 2 ilustruje porovnanie environmentálnych záťaží, vznikajúcich pri zhotovovaní stropnej dosky z monolitického betónu, pri použití dutinovej stropnej dosky (Spiroll) a pri drevenej/oceľovej stropnej konštrukcii.



2

Aplikácia montovaných konštrukcií má aj svoje nevýhody. Medzi hlavné patria:

- realizácia spojov medzi jednotlivými prvkami montovanej konštrukcie je náročný proces,
- doprava a montáž prefabrikátov vyžaduje dopravné a zdvíhacie prostriedky,
- počas dopravy a montáže hrozí riziko poškodenia prefabrikátov.

Požiadavky na spoje

Pevnosť – spoje medzi prefabrikátmi musia byť navrhnuté tak, aby odolali všetkým silám, ktorým budú vystavené počas navrhovanej životnosti. Viaceré sily (napr. od vlastnej tiaže konštrukcie, zaťaženie od vetra, tlaku vody a podobne) sa dajú určiť v priebehu navrhovania. Spoje však budú vystavené aj pôsobeniu nepriamych zaťažení, napr. od objemových zmien betónu.

Duktilita – schopnosť spoja prenášať zaťaženia a pohlcovať energiu bez zlyhania konštrukcie. Je dôležitým parametrom pri návrhu spojov na účinky seizmicity.

Objemové zmeny – kombinované pôsobenie zmrašťovanie a dotvarovania betónu spolu s objemovými zmenami od teploty vyvolávajú v prefabrikovaných prvkov dodatočné ťahové napätia. Tieto účinky treba zohľadniť v príbehu návrhu spojov (napríklad výstužou na zabezpečenia týchto dodatočných síl),

Trvanlivosť – exponované časti spojov by mali byť v pravidelných intervaloch kontrolované a primerane udržiavané. Zníženie trvanlivosti prvkov v mieste spojov sa najčastejšie prejavuje koróziou výstuže, alebo drvením betónu a odpadávaním betónovej krycej vrstvy. Časti spojov vystavené pôsobeniu poveternostných vplyvov, musia konštrukčne usporiadané tak, aby nedochádzalo k ich postupnej degradácii,

Požiarna odolnosť – spoje, ktoré môžu byť počas životnosti vystavené pôsobeniu požiaru, musia byť protipožiarne chránené betónom alebo zálievkovou maltou, prípade protipožiarnym náterom. Spoj musí mať minimálne takú istú požiarnu odolnosť, aká je požadované pre nosné prvky konštrukcie.

Typy spojov

Spoje medzi stropnými panelmi

Na obrázku 3 sú príklady spojov medzi jednotlivými stropnými panelmi vytvorené pomocou železobetónovej monolitickej nadbetonávky (membrány) hrúbky min.50mm a pozdĺžnym zmonolitnením typickým pre dutinové stropné panely (napr. Spiroll). Spoj medzi dvoma panelmi Spiroll má zámkový tvar, aby sa zabezpečil tzv. hmoždinkový“ účionk pri prenose priečnych šmykových síl. Nadbetonávkou prefabrikovaného panelu spolu v kombinácii s doplňujúcou výstužou dochádza k vzniku tuhej železobetónovej membrány, ktorej tuhosť vo vodorovnom smere je porovnateľná s tuhosťou monolitickej stropnej konštrukcie. Podmienkou správneho vyplnenia spoja je stanovenie maximálneho zrna kameniva betónovej zálievky s ohľadom na rozmery vypĺňovaného priestoru.

3

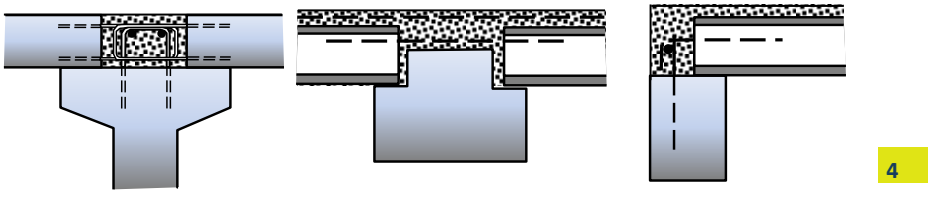
3

3

Spoj medzi nosníkom a stropnou konštrukciou

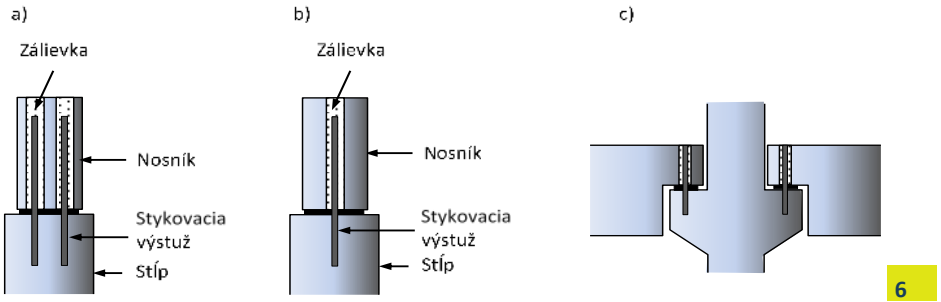
Na obrázku 4 a 5 sú typické detaily zmonolitnenia spojov medzi prefarikovanými nosníkmi a montovanými stropnými panelmi. Strmene vyčnievajúce na hornom povrchu nosníka sú prepojené s výstužou vyčnievajúcou zo stropných panelov. Na zlepšenie kotvenie možno použiť aj pozdĺžnu výstuž vloženú do slučiek spoja. Zmonolitnením sa zvýši horizontálna tuhosť konštrukcie pri prenose vodorovných zaťažení.

3


4

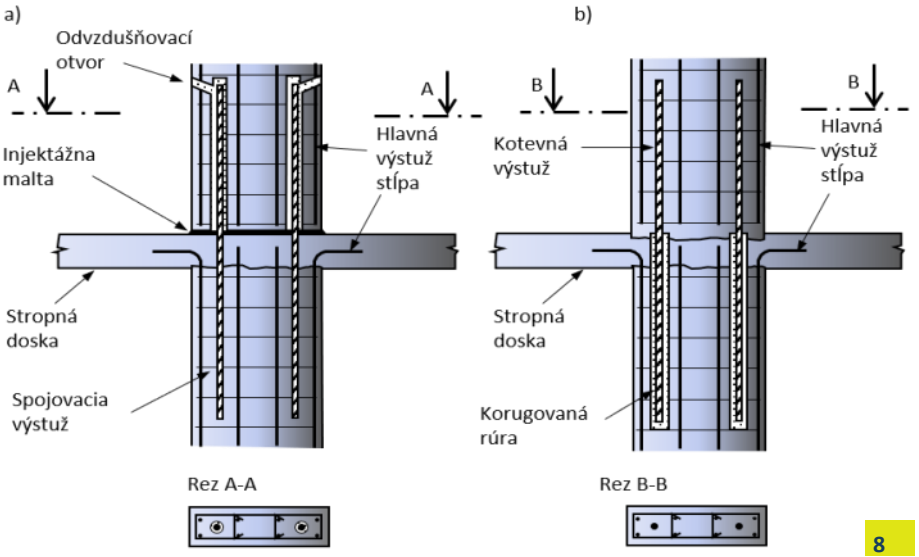
Spoj medzi nosníkom a stĺpom

Príklady spoja medzi nosníkom a podporujúcim stĺpom sú na obrázku 6. V prípade a) je nosník osadený na hornú hranu stĺpa, resp. na jeho krátku konzolu na dve kotevné tyče. Priestor v montážnych otvoroch je vyplnený injektážnou maltou s nízkym zmrašťovaním a dostatočnou pevnosťou. V prípade b) je princíp rovnaký, ale nosník je ukotvený len jednou kotevnou tyčou. Použitím dvoch kotevných tyčí sa zvyšuje torzná odolnosť spoja (namáhanie krútiacim momentom pri jednostrannom osadení stropných panelov v montážnom štádiu). Kotevné tyče môžu byť aj so zvitom a na spojenie stĺpa a nosníka možno požiť skrutkovaný spoj. Ďalšou možnosťou spojenia stĺpa a nosníka je použitie mechanických spojok, tupé privarenie výstuže nosníka k oceľovej platni zakotvenej do stĺpa (obrázok 7b) a pod.



Spoje medzi stĺpmi

Prefabrikovaný stĺp môže byť navrhnutý ako jednopodlažný alebo viacpodlažný. Jedným spôsobom, ako zabezpečiť spojenie dvoch prefabrikovaných stĺpov, je použitie injektovanej stykovacej výstuže. Stĺp nižšieho podlažia má v hlave stĺpa navrhnutú stykovaciu výstuž, ktorá sa prepojí s ďalším stĺpom v mieste päty stĺpa vyššieho podlažia. Vyčnievajúca stykovacia výstuž dolného stĺpa sa zasunie do montážnych otvorov horného stĺpa, ktoré sú vytvorené pomocou zabetónovaných korugovaných rúr, obrázok 8a. Horný stĺp sa vo finálnej polohe montážne podoprie. Vyrovnávaniu podložku medzi prefabrikátmi treba vo vertikálnom smere umiestniť v správnej polohe. Vystuženie a zhotovenie spojenia dvoch stĺpov musí byť navrhnuté tak, aby nedochádzalo ku koncentrácií zvislých napätí medzi jednotlivými prefabrikovanými stĺpmi. Druhý spôsob spojenia dvoch montovaných stĺpov je na obrázku 8b. Princíp spojenia je podobný ako v predchádzajúcom prípade, ale stykovacia výstuž stĺpov je osadená v päte stĺpa a zasúva sa do otvorov vytvorených v hlave stĺpa. Montážne otvory v druhom prípade je nutné chrániť pred nečistotami a vodou, ktoré by mohli ohroziť injektovanie spoja.



Vyššie uvedené spoje stĺpov možno považovať za monolitické, ak dĺžka zakotvenia stykovacej výstuže je dostatočná a injektážne rúrky sú úplne vyplnené injektážnou maltou. Obidvoch prípadoch je počet stykovaných prútov výstuže limitovaný, aby boli zabezpečené konštrukčné zásady pre umiestenie výstuže v prierez stĺpa. Nevýhodou je, že nie je možné úplne skontrolovať správnosť vyplnenia injektážnej rúry maltou.

9c

Pri voľbe priemeru injektážnej rúry treba zohľadniť aj možné odchýlky od projektovanej polohy stykovacej výstuže stĺpov ako aj minimálne hodnoty krytia stykovacej výstuže injektážnou maltou. Odporúča sa, aby veľkosť injektážneho otvoru bola o 30 mm väčšia, ako je veľkosť stykovacej výstuže.

Spojenie stĺpa so základom

Na obrázku 10 a 11 sú znázornené dve možnosti spojenie prefabrikovaných stĺpov so kalichovou základovou pätkou. V oboch prípadoch je päta stĺpa opatrená centrovacím kužeľom. Po uložení stĺpa a vycentrovaní do správnej polohy sa stĺp dočasne stabilizuje pomocou montážnych vzpier, resp. pomocou klinov medzi stenami kalicha a stĺpom. Priestor medzi stĺpom a stenami kalicha má byť dostatočný pre kvalitné zhutnenie injektážnej malty s nízkou hodnotou zmrašťovania. V riešení na obrázku 10 vľavo sú povrchy stĺpa aj stien kalicha hladké. V riešení podľa obrázku 10 vpravo zdrsneným povrchom stien kalicha a stĺpa sa zvyšuje adhézia injektážnej malty a

11a

11b

tým aj účinnosť kotvenia stĺpa do kalicha základovej pätky. Zdrsnené povrchy umožňujú skrátiť hĺbku zakotvenia stĺpa v porovnaní s použitím hladkých povrchov stien.

Spojenie montovaných stien

Montované (obrázok 12) steny sa zvyčajne používajú ako jednopodlažné prvky v prefabrikovaných stenových systémoch. Rozlišujeme da typy stykov:

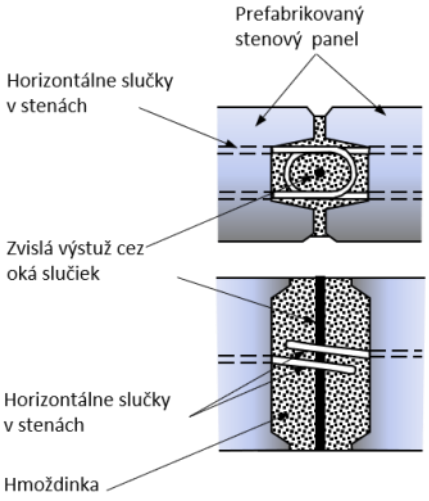
- zvislé styky na prenos zvislých šmykových síl z jedného prvku do druhého pri relatívne malých deformáciách,
- horizontálne styky (doska – stena) na prenos zvislých ťahových, tlakových a vodorovných šmykových síl zo stropného prvku do stenového.

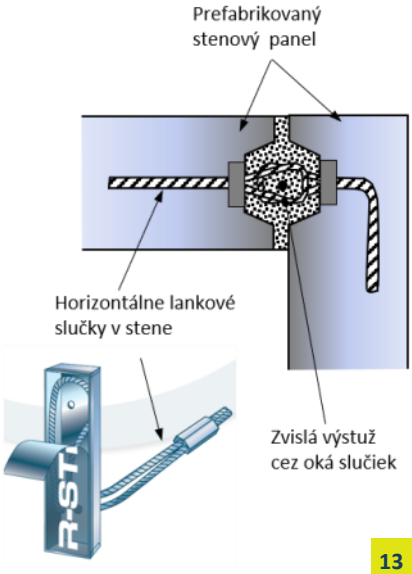
Zvislé styky stien (obrázok 13) zabezpečujeme:

- výstužou prechádzajúcou stenou v mieste styku z jedného panelu do druhého,

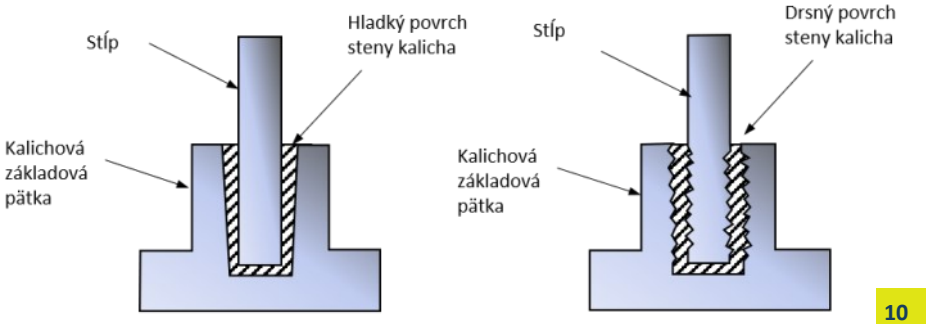
12

- vhodným tvarovaním stien, ktoré po zmonolitnení pôsobia tzv. hmoždinkovým účinkom,
- použitím mechanických spojok.





13



10

12

Horizontálne styky montovaných stien

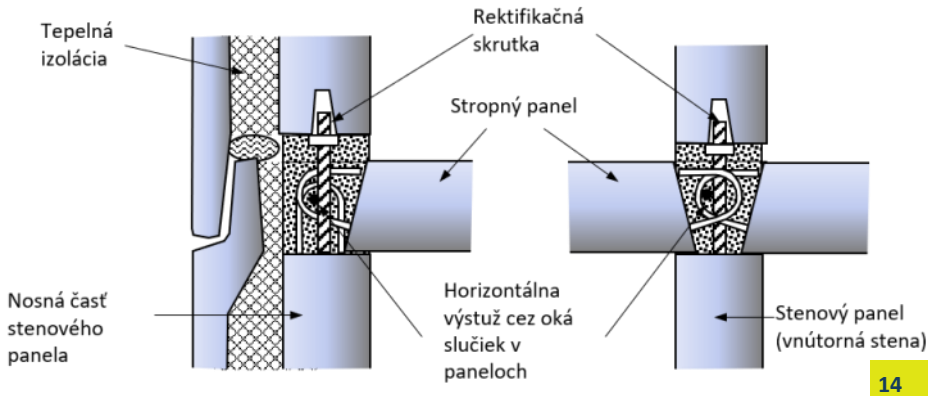
Horizontálny styk montovaných stien (obrázok 14) sa nachádza v úrovni stropných panelov a v úrovni uloženia steny na základovú konštrukciu. Slúži na prenos síl od zvislého zaťaženia a horizontálnych membránových síl. Z hľadisku návrhu sily v horizontálnych stykoch rozlišujeme:

- normálové na styk – tlakové a ťahové zvislé sily,
- rovnobežné so stykom – pozdĺžne šmykové sily,
- kolmo na stenu – tlakové a ťahové ako vodorovné reakcie zo stropnej dosky a ohybové z rámového účinku spojenia steny a dosky.

aj v dopravnom a montážnom štádiu. Iba odborne a starostlivo navrhnuté spoje medzi prvkami zabezpečia spoľahlivú funkciu a životnosť montovanej konštrukcie.

Poďakovanie

Príspevok vznikol za podpory výskumného projektu VEGA 1/0645/20 „Navrhovanie a zosilňovanie betónových konštrukcií na trvanlivosť“.



14

Záver

Koncept návrhu montovaných betónových konštrukcií je založený na realizovateľnosti, ekonomike a štandardizácii prefabrikovaných prvkov. Výhody montovaných konštrukcií spočívajú vo vysokej kvalite prvkov a rýchlom tempe výstavby. Styky a spoje medzi prefabrikovanými prvkami predstavujú významnú časť montovanej konštrukcie. Pri ich návrhu sa musia zohľadniť všetky zaťaženia (priame alebo nepriame) nielen v štádiu užívania, ale

Literatúra:

[1] Harvan, I., 2007 Obnova panelových budov. Analýza nosných sústav panelových budov, Bratislava, Stavebná fakulta STU v Bratislave. ISBN 978-80-227-2758-7.
[2] Harvan, I., 2008. Analýza nosných sústav panelových budov. Slovenská komora stavebných inžinierov, Bratislava.
[3] D. R. Buettner and R. J. Becker, 1998. PCI Manual for the Design of Hollowcore Slabs, Precast/Prestressed Concrete Institute, Chicago, Illinois, USA
[4] P. Negro and G. Toniolo, 2012 Design Guidelines for Connections of Precast Structures under Seismic Actions, Institute for the Protection and Security of the Citizen. Luxembourg
[5] Precast Concrete Systems, Available at: http://www.cfsfixings.com
[7] Sakai, K. and Noguchi, T. 2012. The SustainableUse of Concrete.

Autori:

- Ing. Ivan Hollý, PhD., Stavebná fakulta STU v Bratislave
- Ing. Iyad Abrahoim, PhD., Stavebná fakulta STU v Bratislave

Zaradenie článku:

- Odborný

Obrázky:

1: Typické prvky prefabrikátov – stĺpy, nosníky a veľkorozponové stropné nosníky TT

2: Porovnanie environmentálnych záťaží konštrukcií z rôznych materiálov [6]

3: Príklady spojov medzi prvkami stropnej konštrukcie

4: Spoje medzi nosníkom a stropnými doskami [3]

5: Spoje medzi nosníkom a stropnými doskami

6: Spoj medzi stĺpom a nosníkom uloženom na elastomérnom ložisku

7: Spoj medzi stĺpom a nosníkom a) nosník na krátkej konzole, b) horná výstuž nosníka privarená tupým zvarom k oceľovej platni zakotvenej do stĺpa

8: Spoje medzi dvoma montovanými stĺpmi v bežnom podlaží

9: Spojenie medzi dvoma stĺpami a) injektážna rúrka v päte stĺpa, b) injektážna rúrka v hlave stĺpa, c) prefabrikovaný stĺp cez dve podlažia - injektážna rúrka v hlave stĺpa

10: Styk stĺpa a kalichovej pätky [4]

11: Styk stĺpa a kalichovej pätky a) monolitická pätka s drsným povrchom, b) drážkovanie päty stĺpa

12: Spojenie montovaných stien v komunikačnom jadre skeletovej konštrukcie

13: Zvislý spoj medzi stenami [2], [5]

14: Horizontálny styk stenových panelov, vľavo – obvodová steny, vpravo – vnútorná stena [2]

Čiastkové zhodnotenie stavebnotechnického stavu NKP—kaštieľ Benický, Dolná Mičiná

Partial Evaluation of the Construction—Technical State of the National Cultural Monument—Benicky's Manor House, Dolná Mičiná

Mnoho pamiatok na území Slovenskej republiky postupom času značne degradovalo. Tento stav bol zapríčinený najmä zanedbanou údržbou. Degradáciu však taktiež spôsobujú aj rôzne iné faktory, ktoré v spojení s týmito faktormi výrazne napomohli k zrýchleniu tohto procesu. Tieto faktory vedú častokrát k masívnej ba až úplnej deštrukcii jednotlivých stavebných prvkov a stavebných konštrukcií. Stav takýchto objektov mnohokrát môže ohroziť nie len okolie, ale aj negatívne pôsobiť na zdravie osôb, ktoré v týchto objektoch dlhodobo žijú, resp. ich užívajú a sú vystavované rôznym plesniam a vlhkosti. Preto je potrebné zabezpečiť dodatočnú údržbu a v niektorých prípadoch obnovu, alebo dokonca rekonštrukciu. Tento článok je zameraný na čiastkové posúdenie stavu objektu kaštieľa v Dolnej Mičinej a hodnotí mieru zavlhnutia tohto objektu.

Kľúčové slová:

Historická konštrukcia, Fasáda, Kaštieľ, Stavebnotechnický stav, Vlhkosť

Many monuments in the Slovak Republic have degraded considerably over time. This condition was caused mainly by neglected maintenance. However, degradation is also caused by various other factors whic in conjunction with these factors have significantly helped to speed up this process. These factors often lead to a massive or even complete destruction of individual building elements and building structures. The condition of such objects can often endanger not only the surroundings, but also negatively affect the health of people who live in these objects for a long time, respectively they use them and are exposed to various molds and moisture. Therefore it is necessary to provide additional maintenance and in some cases restoration or even reconstruction. This article is focused on a partial assessment of the condition of the manor house in Dolná Mičiná and evaluates the degree of flooding of this building.

Keywords:

Historical construction, Facade, Manor house, Construction-technical condition, Moisture

Introduction

Progress in development in recent years has had a significant impact on the development of building materials and building technologies and has helped not only in the construction of new buildings, but also in the renovation of historical constructions and buildings. Technologies that help to restore historical constructions are often based on the original principles, which in conjunction with modern materials are very effective and provide a significant extension of the life of these structures if these interventions were properly designed and implemented. From this point of view, it is very important to carry out a detailed survey of the examined historicalal construction, evaluate the construction and technical condition and develop a proposal for suitable, whether restorative, reconstruction, or in case of wetting remediation measures that can heal and extend the life of the building.

The paper focuses on the partial assessment of faults caused by the humidity of the building, associated with insufficient and neglected maintenance, wear of constructions.

In the first step, a general description of the building will be needed, especially in order to form a certain comprehensive idea of the history of this national cultural monument and the subsequent assessment of the state of wetting of the building, which took place in situ. The humidity level will be assessed according to ČSN P 73 0610 [1] (Tab. 1) and subsequently measures will be recommended to prevent the subsequent destruction of the monument.

The following points will describe:

- general description of the object, location, history
- description of the survey of the degree of wetting carried out in situ
- evaluation of the degree of moisturing
- proposal of measures against moisture

Tab. 1: Degree of moisture of structures [1]

	Degree of humidity	Moisture (uM) [%]
1	Very low moisture	< 3,0
2	Low moisture	3,0 - 5,0
3	Increased moisture	5,0 – 7,5
4	High moisture	7,5 – 10
5	Very high moisture (to waterlogging)	> 10

General description and history of the object

The Benický's manor house located on a hill on the eastern edge of the village of Dolná Mičiná is a three-storey building with a rectangular floor plan, a basement and an attic with an area of approximately 397 m2. The shape of the manor is complemented by four corner bastions with a circular floor plan. The manor house was built in the 16th century and the predominant style of the manor house is the Renaissance [2]. The shape of the manor house is rectangular with external dimensions of approximately 26.6 x 19.2 m with a building height of 20 m [3]. The floor plan of the building is represented by Fig. 1.

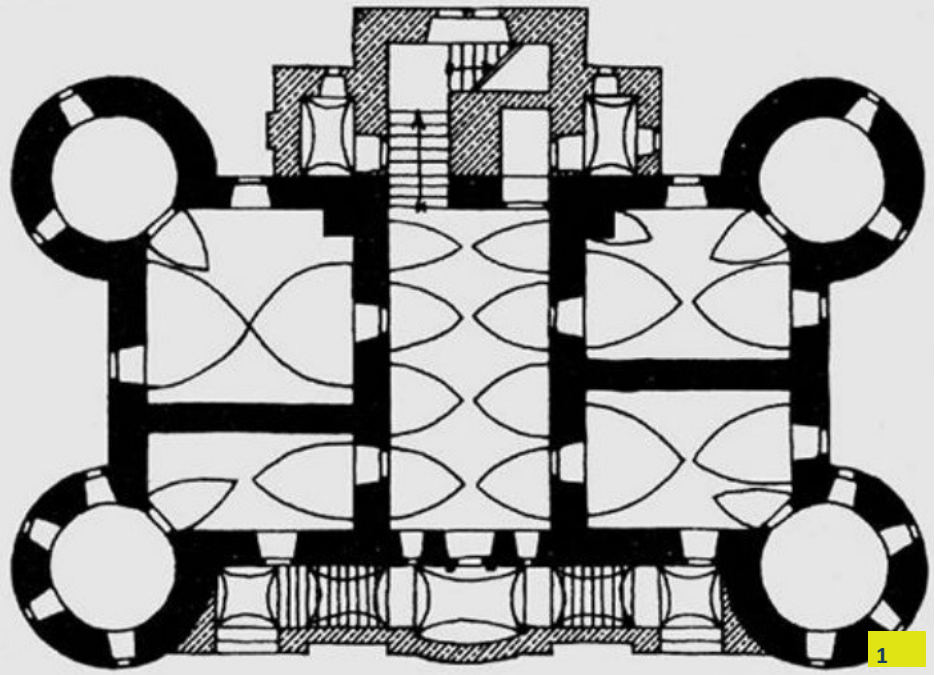
The main building material used in the construction of the manor was stone, but the manor also makes extensive use of brick and mixed masonry consisting of stone and brick masonry on lime mortar. The manor house is based on a rock floor, where it can be said that the builders founded this manor house in a recess cut into the rock floor and in the basement this rock enters the floor. The thickness of the perimeter masonry of the building is about 1 m.

The cellar, the ground floor and also the individual floors are vaulted with barrel vaults and barrel vaults with towers and towers with flat vaults.

The roof of the manor is by means of a mansard roof and the bastions have conical roofs. The roofing of the building is shingled and together with the truss was realized in the 70s. The attic was originally covered with wooden beams, which were supplemented by a ceramic ceiling in the 1970s. The crown masonry of the manor is original, without reinforced concrete wreaths.

In the first half of the seventies, the interiors and facades of the manor house were restored. As part of this "renovation", the individual plaster layers of the facade and interior were removed without documentation. Subsequently, a full-area shotcrete was performed using a cement mixture. The cohesion of this mixture and masonry is high even after about 50 years and the removal of this layer could cause drastic splitting of the original historical material.

After cleaning the building, floor layers made of cast cement were made in the interiors to the extent of all above-ground floors, and work was started on the internal LV distribution systems. At the same time, the lunettes of the collapsed vaults of the second above-ground floor were also concreted in this period.


1

Assessment of moisturing in situ

On November 22th, 2019, a tour of the manor house in Dolná Mičiná took place and they were also in Tab. 2 recorded values of the degree of wetting of this object. Weather can be defined as dry, cloudy. From the inspection, the damage to the lower part of the building is evident, consisting in the disintegration of the joint under the shotcrete filling of the joints. This condition is caused mainly by the destructive action of water-soluble salts, which are transported by the structure precisely due to the rising moisture. Humidity affects the object in other levels as well. This condition is mainly caused by absent rain gutters and a leaky roof. Chimney bodies, which lead this water directly into the building, also contribute to this condition.

The degree of wetting is represented by Tab. 1, which defines the wetting height of the individual wall systems, and also Fig. 2 mapping the moisture content of the structure at the shotcrete removal site.

The table shows the wetting of the object, which in general can be defined as moderate. An exception is point 10 where the wetting of the construction is evident, as the measured values reached the level of 12.3%.

Tab. 2: Results of moisture measurements on the facade of the manor house

Places of measurement	Measuring height from floor [cm]	Mass moisture [%]	Measuring height from floor [cm]	Mass moisture [%]	Measuring height from floor [cm]	Mass moisture [%]
	Date	22.11.'19	Date	22.11.'19	Date	22.11.'19
M1	30	6,4	100	5,1	200	6,3
M2	30	5,8	100	6,5	200	7,8
M3	30	6,7	100	5,4	200	5,8
M5	30	6,2	100	5,8	200	8,9
M6	30	6,7	100	5,8	200	7,3
M7	30	5,4	100	5,8	200	7,5
M8	30	7,7	100	7,8	200	5,7
M10	30	10,6	100	12,3	200	6,7
M11	30	6,8	100	6,9	200	7,2
M12	30	5,7	100	6,7	200	8,2

However, this fact was probably caused by the absence of a roof gutter and a hole in the building through which water flowed into the examined structure.

Moisture protection measures

When proposing measures to help combat moisture, in this case mainly caused by capillary rise, we relied on an inspection of the monument and its surroundings, the results measured in situ, which are part of this article.

These measures can be divided into several individual interventions, the meaning of which will be described below.

Before starting the technologies preventing capillary rise, it is necessary to restore the roof cladding and also the holes in the structure in order to prevent the ingress of water from sources other than the lower part.

As a primary technology preventing the capillary rise of moisture and its subsequent crystallization and destruction of masonry, it is appropriate to design the technology of undercutting. This technology may appear to be radical and from the point of view of the Regional Monuments Offices, as well as the Venice Charter [4] and the Authenticity Document [5], very inappropriate as the technology in question violates the original integrity but necessary from the point of view of preserving the monument. Although the building does not show high wetting, this phenomenon is caused by shotcrete, the removal of which indicated high wetting in certain places.

In the first step, it is necessary to remove the cement plaster from the entire surface of the building, which retains moisture, which subsequently damages the structure. This step must be performed throughout the construction up to the original structure, but this step must be approached carefully due to possible damage to the structure.

Subsequently, the application of additional moisture insulation will take place in the form of undercutting and insertion of an additional insulation layer. Due to the complications and the impossibility of undercutting the building in its entirety, it will also be necessary to combine this technology with the technology of grouting ensure their functionality and drain this water off the foundations.

After additional dehumidification, resp. after the application of the insulating layer, it is also necessary to focus on the salinization of masonry, which was not part of this research, but it is necessary to realize that the salinization of constructions is related to wetting of constructions and will be part of further research.

These steps can be considered as remediation interventions that will help to stop the wetting of the construction.

Conclusion

It is assumed that the recommendations and partial conclusions of this article will help to restore the NKP manor house in Dolná Mičina. From the values given in Tab. 2 shows a considerable wetting of the walls of the first underground floor, where the wetting rate is in the range of 7.5 to 12.3 % and a remediation solution is necessary from the point of view of preserving the monument. This moisture is also aided by the shotcrete of the entire structure, which prevents the natural evaporation of moisture from the construction. The proposed technology of undercutting and inserting an additional insulating layer in combination with grouting in less accessible places, as well as other additional technologies described in the article, should serve this purpose in particular. This research is only partial and many more studies are needed to assess the complex state of the building.

This publication (textbook, contribution) was created as a research work for the project VEGA no. 1/0511/19.

Literatúra:

[1] ČSN P 73 0610: Hydroizolace staveb, Sanace vlhkého zdiva, Základní.
[2] https://www.pamiatky.sk/po/po/Details?id=9685 (ku dňu 28.10.2020).
[3] Holub, I. I., 2011. Statický prieskum kaštieľ Dolná Mičiná, s.l.: s.n.
[4] Medzinárodná charta o ochrane a obnove pamiatok a pamiatkových sídiel, prijatá na II. medzinárodnom kongrese architektov a technikov historických pamiatok, Benátky 31. mája 1964
[3] Dokument o autenticite, Nara 1994.

Autori:

- Ing. Patrik Šťastný, Slovenská technická univerzita v Bratislave

Zaradenie článku:

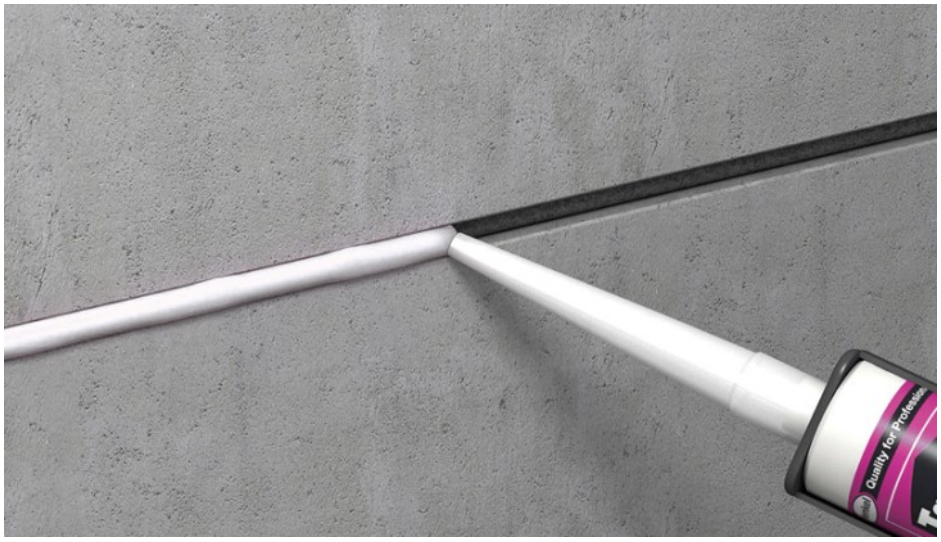
- Odborný

Obrázky:

1: Floor plan of the manor house in Dolná Mičiná [2]

Porovnání běžných tmelů vhodných pro tmelení sklocementových podkladů

Collation of Common Sealants Suitable for Sealing Glass-Cement Backgrounds



Tento příspěvek popisuje výzkum tmelení sklocementových podkladních materiálů. Tento materiál vykazuje na svém povrchu vysoký výskyt malých prachových částic, které narušují spoj tmelu a podkladního materiálu a tím značně oslabují pevnost tmeleného spoje. Cílem této práce je najít vhodný tmel a ověřit jeho vhodnost pro tmelení vybraného podkladu. Metodou pro určení vlastností tmelu a vlastností styčné spáry mezi tmelem a podkladním materiálem je tahová zkouška stanovená platnou českou normou ČSN EN ISO 8340 Stavební konstrukce – Těsnící hmoty – Tmely – Stanovení tahových vlastností při udržovaném protažení. Pro účely této zkoušky byly vybrány jednotliví zástupci z řad neutrálních silikonů, acetátových silikonů, akrylové tmely a polyuretanových tmelů. Jak vyplývá z výsledků tohoto výzkumu, je obtížné najít vhodný tmel a k němu doporučený primer, který by bylo možné doporučit ke tmelení sklocementového podkladního materiálu.

Kľúčové slová:

Tmel, Tmelený spoj, Sklocement, Polyuretanový tmel, Akrylový tmel, Acetátový silikon, Neutrální silikon, Přilnavost

This paper describes research into the sealing of glass-cement base materials. This material has a high occurrence of small dust particles on its surface, which disrupt the joint of the sealant and the base material and thus significantly weaken the strength of the sealed joint. The aim of this work is to find a suitable sealant and verify its suitability for sealing the selected substrate. The method for determining the properties of the sealant and the properties of the joint between the sealant and the base material is the tensile test determined by the valid Czech standard ČSN EN ISO 8340 Building structures – Sealing materials – Sealants – Determining tensile characteristics at a constant stretch. For the purposes of this test, individual representatives from the series of neutral silicones, acetate silicones, acrylic sealants and polyurethane sealants were selected. As follows from the results of this research, it is difficult to find a suitable sealant and a primer recommended for it, which could be recommended for sealing glass-cement base material .

Key words:

Sealant, Sealed joint, Glass-cement, Polyurethane sealant, Acrylic sealant, Acetate silicone, Neutral silicone, Adhesion

Úvod

S různými druhy tmelů se v dnešní době setkáváme prakticky všude. Nalézáme je ve všech částech stavebních konstrukcí, a to například mezi prefabrikovanými betonovými prvky ve fasádách, kolem oken a dveří, ve spojení mezi podlahami a stěnami atd. [1,3] Jejich hlavním účelem je zabránit látkové výměně mezi konstrukčními materiály a vnějším prostředím. Dále také zajišťují izolaci, a to jak tepelnou, tak zvukovou a některé dokonce přispívají k lepší požární odolnosti konstrukcí. [1]

I díky rozličným nárokům, které jsou na tmelené spoje ve stavebnictví kladeny, je na českém trhu k dispozici velké množství tmelů od různých značek. Při výběru tmelu pro konkrétní účely pak koncovým uživatelům nezbývá než se řídit doporučením výrobce, že tmel je vhodný pro tmelení toho daného materiálů. Nicméně tato doporučení ne vždy odpovídají skutečnosti a tmelený spoj po vystavení vlivu venkovních podmínek nevydrží jejich zátěž a není tedy schopen plnit řádně svou úlohu.

Z tohoto důvodu byly vybrány jednotlivé tmely, k nim doporučené primery a podkladní materiál, ze kterých byly vytvořeny zkušební vzorky. Tyto vzorky byly zkoušeny dle normy ČSN EN ISO 8340 Stavební konstrukce – Těsnící hmoty – Tmely – Stanovení tahových vlastností při udržovaném protažení a poté byla zhodnocena jejich soudržnost.

Vybrané materiály

Pro potřeby tohoto výzkumu bylo potřeba vybrat vhodné tmely, primery a podkladní materiál.

Při výběru tmelů použitých pro tento výzkum se autor tohoto článku řídil několika kritérii. V první řadě muselo jít o tmel výrobcem doporučený pro tmelení vybraného podkladního materiálu, v tomto případě tedy sklocementu. Dále musel být tmel dobře dostupný pro českého spotřebitele, proto byly voleny tmely, které jsou dostupné především v běžných českých obchodech a e-shopech. Nakonec musely tmely splňovat podmínku dostupnosti k nim doporučených primerů. Na základě těchto kritérií bylo vybráno šest tmelů, konkrétně pak tři zástupci polyuretanových tmelů, a po jednom zástupci od akrylových tmelů, neutrálních silikonů a acetátových silikonů (viz. Tab. 1).

Použité primery byly voleny k jednotlivým tmelům dle doporučení výrobce. Názvy primerů jsou uvedeny pro konkrétní tmel v tabulce Tab. 1.

Tab. 1: Specifikace vybraných tmelů a k nim doporučených primerů

Typ tmelu	Výrobce	Název	Cena tmelu	Primer	Cena primeru
Polyuretanový tmel	Den Braven	BOND FLEX PU 40 FC polyuretan, 310 ml	169 kč	Hloubková penetrace NANO, 1 000 ml	59 kč
	Mapei	Mapeflex PU45, 300 ml	165 kč	Primer G, 1 000 ml	139 kč
	Sika	Sikaflex 11 FC+, 300 ml	213 kč	Sika Primer-3 N, 250 ml	382 kč
Akrylový tmel	Den Braven	Akrylový tmel expres, 310 ml	65 kč	Hloubková penetrace NANO, 1 000 ml	59 kč
Acetátový silikon	Mapei	Mapesil AC 150, 310 ml	190 kč	Primer G, 1 000 ml	139 kč
Neutrální silikon	Sika	Sikasil C, 300 ml	465 kč	Sika Primer-3 N, 250 ml	382 kč

Jako podkladní materiál bylo potřeba zvolit takový materiál, který při tmelení vykazuje jistou míru problematičnosti a je běžným materiálem používaným v českém stavebnictví. Jako takový byl zvolen sklocement. Ten vykazuje vysokou míru prachových částic, které se nacházejí na jeho povrchu. Přítomnost těchto prachových částic je problematická zejména proto, že zabraňují správnému přilnutí tmelu k podkladnímu materiálu a tím zásadně oslabují tmelený spoj. Tato vada by měla být částečně vykompenzována nanesením primeru před vytvoření samotného tmeleného spoje, čímž by mělo dojít ke zvýšení přilnavosti tmelu k podkladnímu materiálu.

Zkušební postupy

Testování použité pro potřeby tohoto výzkumu se řídí platnou českou technickou normou s označením ČSN EN ISO 8340 Stavební konstrukce – Těsnící hmoty – Tmely – Stanovení tahových vlastností při udržovaném protažení. V této normě je jasně specifikováno, jakým způsobem provádět tahovou zkoušku a je zde také detailně popsáno zkušební těleso. Zkušební přípravek však v této normě přesně definován není.

Zkušební těleso je složeno ze dvou sklocementových destiček, dvou rozpěrek a tmelu. Sklocementové destičky jsou v tomto případě voleny v rozměrech 50 x 30 mm a s tloušťkou 12,5 mm, tak aby byl splněn normou stanovený rozměr tmelu a zároveň také plocha přilnavosti. Jako materiál rozpěrek bylo vybráno dřevo, a to z důvodu dobré propustnosti vzduchu, která je důležitá pro správné vysychání tmelu. Rozpěrky pak společně se sklocementovými destičkami ohraničují prostor, do nějž je aplikován tmel.

Výroba zkušebních těles probíhá dle normy při konstantní teplotě (23±2) °C a jsou při ní dodrženy všechny výrobcem stanovené podmínky (např. podmínky použití primeru apod.). Dále jsou dodržována následující opatření: vyloučit tvorbu vzduchových bublin, přitlačit těsnící tmel ke stykovým plochám podkladních destiček a povrch tmelu uhladit do roviny podkladních destiček a rozpěrek.

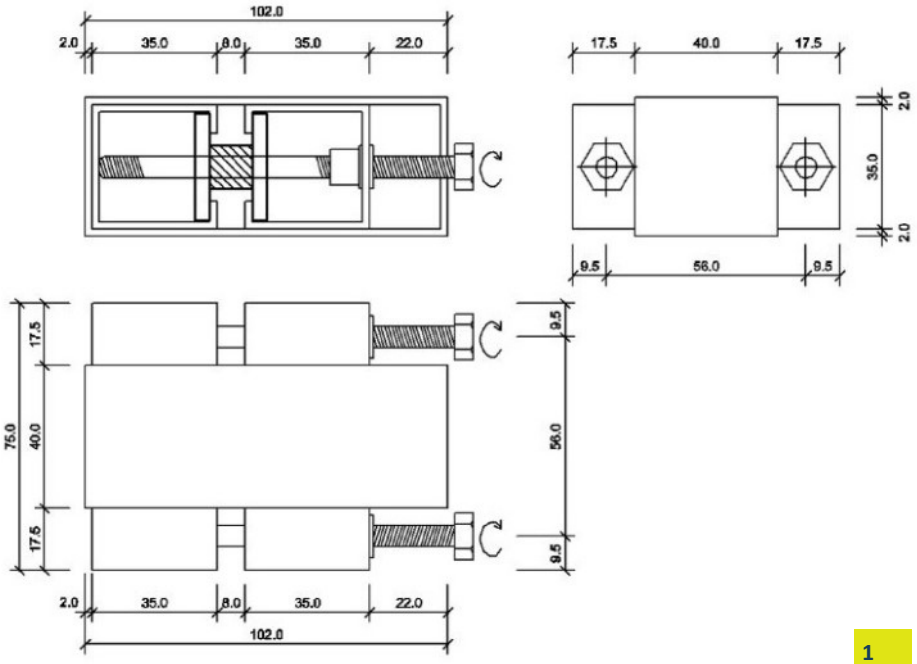
Minimální počet zkušebních těles, které je nutno při zkoušce testovat je normou stanoven na tři zkušební tělesa. Autor tohoto článku volil pro každé testování zkušebních těles pět, a to kvůli většímu množství výsledků, a tudíž i lepšímu zhodnocení výsledku zkoušky.

Před samotným testováním se zkušební tělesa kondiciují, ukládají dle požadavků stanovených normou. Nejprve se zkušební tělesa nechávají 28 dní odležet při konstantní teplotě (23±2) °C a relativní vlhkosti (50±5) % a to z důvodu správného vyzrání aplikovaného tmelu. Následuje uvedený sled cyklů uložení, které se třikrát opakuje.

1. 3 dny v sušárně při teplotě (70±2) °C
2. 1 den v destilované vodě o teplotě (23±2) °C
3. 2 dny v sušárně při teplotě (70±2) °C
4. 1 den v destilované vodě o teplotě (23±2) °C

Jak již bylo řečeno na začátku této kapitoly, norma nedefinuje zkušební přípravek, která má být užit při provádění zkoušky tahových vlastností při udržovaném protažení. Z tohoto důvodu byl v rámci předchozích výzkumů vlastností tmelů takovýto přípravek vyroben, pro názornost je zobrazen na obrázku Obr. 1.

Tahová zkouška se provádí při dvou rozdílných teplotních podmínkách, a to při teplotě (23±2) °C a při teplotě (-20±2) °C. Princip zkoušky spočívá v tom, že se zkušební tělesa, která prošla předepsaným cyklováním vystaví předepsané teplotě a následně se protahují rychlostí (5,5±0,7) mm/minutu o 25 % své původní délky.



Při provádění tahové zkoušky při teplotě (23±2) °C se zkušební tělesa nejprve skladují 24 hodin při teplotě (23±2) °C a relativní vlhkosti (50±5) %. Poté se umístí do zkušebního tělesa, kde dochází k jejich protahování rychlostí (5,5±0,7) mm/minutu při teplotě (23±2) °C o 25 % své původní délky. Celkové protažení je pak udržováno po dobu 24 hodin a při teplotě (23±2) °C. Nakonec dochází ke zhodnocení výsledků zkoušky.

Provádění tahové zkoušky při teplotě (-20±2) ° C pak probíhá obdobným způsobem. Zkušební tělesa se nejprve uloží na dobu minimálně 4 hodin při teplotě (-20±2) °C a poté se ve zkušebním zařízení protahují rychlostí (5,5±0,7) mm/minutu při teplotě (-20±2) °C o 25 % své původní délky. Toto protažení se udržuje opět 24 hodin při teplotě (-20±2) °C. Ke zhodnocení výsledků této zkoušky dochází až po vyjmutí zkušebních vzorků z chladící komory a jejich úplném rozmrznutí.

Výsledky

U každého z vybraných tmelů bylo testováno pět zkušebních vzorků. Zhodnocení výsledků po testování bylo provedeno vizuální kontrolou a následným přeměřením případného porušení posuvným měřítkem. Konkrétní výsledky zkoušek jsou popsány ve dvou tabulkách, v tabulce Tab. 2 jsou uvedeny výsledky testování při teplotě (23±2) °C a v tabulce Tab. 3 výsledky pro testování při teplotě (-20±2) °C. U tmelů Mapeflex PU45 a Mapesil AC 150 nejsou v tabulkách uvedeny žádné výsledky testování, a to z toho důvodu, že všechny vzorky těchto tmelů se samovolně rozpadly již při cyklování.

Tab. 2: Výsledky testování při teplotě (23 ± 2) °C

Typ tmelu	Název tmelu	Cyklování	Testování dle normy při teplotě				
			Vzorek 1	Vzorek 2	Vzorek 3	Vzorek 4	Vzorek 5
Polyuretanový tmel	BOND FLEX PU 40 FC polyuretan	Vydržel	Jednostranné odtržení při napínání na 25 %	Jednostranné odtržení při napínání na 25 %	Jednostranné odtržení při napínání na 25 %	Jednostranné odtržení při napínání na 25 %	Jednostranné odtržení při napínání na 25 %
	Mapeflex PU45	Rozpadl se	x	x	x	x	x
	Sikaflex 11 FC+	Vydržel	Jednostranné odtržení při napínání na 25 %	Jednostranné odtržení při napínání na 25 %	Bez porušení	Bez porušení	Bez porušení
Akrylový tmel	Akrylový tmel expres	Vydržel	Jednostranné odtržení při napínání na 25 %	Jednostranné odtržení při napínání na 25 %	Jednostranné odtržení při napínání na 25 %	Jednostranné odtržení při napínání na 25 %	Jednostranné odtržení při napínání na 25 %
Acetátový silikon	Mapesil AC 150	Rozpadl se	x	x	x	x	x
Neutrální silikon	Sikasil C	Vydržel	Bez porušení	Jednostranné odtržení při napínání na 25 %	Jednostranné odtržení při napínání na 25 %	Jednostranné odtržení při napínání na 25 %	Jednostranné odtržení při napínání na 25 %

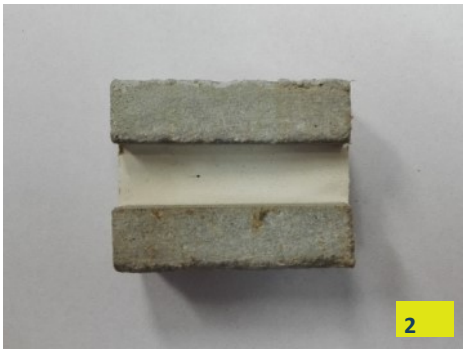
Co se týče hodnocení porušení uvedené v tabulkách, pokud jej testované vzorky vykazují jedná se o jednostranné odtržení tmelu od podkladního materiálu. Zkušební vzorek s tímto porušením je ukázán na obrázku Obr. 2. Neporušený vzorek je pak možné vidět na obrázku Obr. 3.

Jak je patrné z tabulky Tab. 2 pro testování vzorků při teplotě (23±2) °C, každý z testovaných tmelů vykazoval nějaké porušení tmeleného spoje. U tmelů BOND FLEX PU 40 FC polyuretan a Akrylový tmel expres se jednalo dokonce o porušení u všech pěti testovaných vzorků.

Stejně tak v tabulce Tab. 3 si můžeme povšimnout, že i při testování při teplotě (-20±2) °C všechny zkoušené tmely vykazovaly porušení u alespoň dvou testovaných vzorků. Také při této teplotě dosáhli nejhorších výsledků tmely BOND FLEX PU 40 FC polyuretan a Akrylový tmel expres, které opět měly porušených všech pět testovaných vzorků.

Vzhledem k tomu, že nějakou míru porušení vykazovali všechny ze zkoušených tmelů, a to při obou prováděných zkouškách, nelze ani jeden z nich doporučit jako vhodný ke tmelení sklocementových podkladních materiálů .

2


2

Tab. 3: Výsledky testování při teplotě (-22±2) °C							
Typ tmelu	Název tmelu	Cyklování	Testování dle normy při teplotě				
			Vzorek 1	Vzorek 2	Vzorek 3	Vzorek 4	Vzorek 5
Polyuretanový tmel	BOND FLEX PU 40 FC polyuretan	Vydržel	Jednostranné odtržení při napínání na 25 %	Jednostranné odtržení při napínání na 25 %	Jednostranné odtržení při napínání na 25 %	Jednostranné odtržení při napínání na 25 %	Jednostranné odtržení při napínání na 25 %
	Mapeflex PU45	Rozpadl se	x	x	x	x	x
	Sikaflex 11 FC+	Vydržel	Jednostranné odtržení při napínání na 25 %	Jednostranné odtržení při napínání na 25 %	Bez porušení	Bez porušení	Bez porušení
Akrylový tmel	Akrylový tmel expres	Vydržel	Jednostranné odtržení při napínání na 25 %	Jednostranné odtržení při napínání na 25 %	Jednostranné odtržení při napínání na 25 %	Jednostranné odtržení při napínání na 25 %	Jednostranné odtržení při napínání na 25 %
Acetátový silikon	Mapesil AC 150	Rozpadl se	x	x	x	x	x
Neutrální silikon	Sikasil C	Vydržel	Jednostranné odtržení při napínání na 25 %	Bez porušení	Bez porušení	Jednostranné odtržení při napínání na 25 %	Jednostranné odtržení při napínání na 25 %

Závěr

I přes doporučení výrobce, že daný tmel je vhodný pro tmelení vybraného podkladního materiálu, tedy sklocementu, docházelo při testování vybraných tmelů k jejich porušení po vystavení negativním klimatickým vlivům. Výsledky tohoto výzkumu tedy jednoznačně ukazují, že ani jeden z testovaných tmelů nelze doporučit jako vhodný pro tmelení sklocementových podkladních materiálů, a to i přes to, že před samotnou aplikací tmelu byl na podkladní materiál použit výrobcem doporučený primer, který měl zvýšit přilnavost tmelu k podkladu.

Poděkování

Příspěvek vznikl za podpory juniorského specifického výzkumu Fakulty stavební Vysokého učení technického v Brně vedeného pod označením FAST-J-20-6359 a také za podpory standardního specifického výzkumu Fakulty stavební Vysokého učení technického v Brně vedeného pod označením FAST-S-20-6338.

Literatúra:

[1] Klosowski, J., Wolf A.T.: Sealants in construction. 2nd edition. Boca Raton: Taylorand Francis Group, 2016. ISBN 978-1-4200-1785-4.
[2] Petrie, E.: M. Handbook of adhesives and sealants. New York: McGraw-Hill company, 2009. ISBN 0-07-049888-1.
[3] Lal Mittal, K., Pizzi A.: Handbook of sealant technology. Boca Raton: Taylor and Francis Group, 2009. ISBN 978-0-8493-9162-0.
[4] Chew, M.Z.L., Zhou, X., Tan, S.T.: On-site weathering of sealants under tropical conditions, Construction and Building Materials, Vol. 18, Issue 4, 2004, pp. 287-293.
[5] Stögbauer, H., Wolf A.T.: The influence of heat ageing on one-part construction silicone sealants, Construction and Buildings Materials, Vol. 5, Issue 1, 1991, pp. 27-32.
[6] WOLF, A.T.: Movement capability of sealants. Construction and Building Materials. 1991, 5, s.127–134. DOI: 10.1016/0950-0618(91)90063-Q. ISSN 09500618.
[7] Nečasová, B., Liška P., Šlanhof J. a Juhásová Šenitková I.: Performance of selected polyurethane joint sealants in concrete structures. In: MATEC Web of Conferences. 2018. ISSN 2261236X. Dostupné z: doi:10.1051/matecconf/201814602015 .
[8] ČSN EN ISO 8340 Stavební konstrukce – Těsnící hmoty – Tmely – Stanovení tahových vlastností při udržovaném protažení. Praha: Český normalizační institut, 2006
[9] Šlanhof, J., Liška, P. a Nečasová, B.: Evaluation of test methods for testing of sealants, Advances and Trends in Engineering Sciences and Technologies II – Proceedings of the 2nd International Conference on Engineering Sciences and Technologies, ESaT 2016, pp. 643-648, ISBN: 978-131539382-7
[10] Šlanhof, J., Šimácková, M., Liška, P., Nečasová, B.: Sealing possibilities of glass fibre reinforced concrete elements and fibre – Cement facade cladding panels Proceedings of an International Scientific Conference in Bratislava – Construction Technology and Management CTM 2014, pp. 447-455, 2014, Bratislava: Slovak University of Technology in Bratislava
[11] Liška, P., Nečasová, B., Šlanhof, J. a Šimáčková, M.: Determination of Tensile Properties of Selected Building Sealants in Combination with High-pressure Compact Laminate (HPL). In: Procedia Engineering. 2015, s. 199-205. ISSN 18777058
[12] Informace z https://www.denbraven.cz/
[13] Informace z https://cze.sika.com
[14] Informace z https://www.mapei.com

Autori:

- Ing. Adam Boháček, Vysoké učení technické v Brně
- Ing. Michal Brandtner, Vysoké učení technické v Brně

Zaradenie článku:

- Odborný

Obrázky:

1: Zkušební přípravek pro udržované protažení

2: Zkušební těleso s porušením (Jednostranné odtržení při napínání na 25 %, testováno při teplotě (23±2) °C)

2: Zkušební těleso bez známek porušení (testováno při teplotě (23±2) °C)

Verifikácia bezpečnosti kabín nakladačov riadených preklzom kolies

Skid Steers Loaders Cabin Safety Verification

Významným krokom vývoja nových konštrukcií mobilných pracovných strojov, alebo procesu ich inovácie je aj overovanie a certifikácia navrhnutých riešení. Tieto procesy sú stanovené platnými predpismi a normami a realizujú sa za stanovených podmienok na plne funkčných moduloch aj deštrukčnými skúškami. V prípade zistených nedostatkov sa tieto skúšky musia opakovať na nových moduloch, čo si vyžaduje ďalšie finančné náklady. Príspevok sa zaoberá simuláciou požadovaných skúšok, ktorá má za účel zefektívnenie procesu návrhu stroja, alebo jeho modulov.

Kľúčové slová:

Mobilný pracovný stroj, Nakladač, Bezpečnosť, Simulácia, Skúšky

Verification and certification of the proposed solutions is an important step in the development process or the innovation process of new constructions of mobile working machines. These processes are regulated by valid regulations and standards. They run in standard conditions, also in form of destructive tests, on fully functional modules. In case of deficiencies, the processes must be rerun on new modules, resulting in additional financial cost. The paper deals with the simulation of the required tests. The simulation aims to streamline the design process of the machine or its modules.

Key words:

Mobile workingmachines, Loader, Safety, Simulation, Tests

Úvod

Súčasťou procesu inovácie mobilných pracovných strojov je často z dôvodu zvýšenia ich bezpečnosti, komfortu, alebo dizajnovej tvarovej zmeny potrebné verifikovať ich parametre [1]. Jednou z takýchto skúšok potrebných na certifikáciu výrobku sú aj normou stanovené podmienky skúšky modulov kabín [2, 3]. Tieto skúšky sú finančne nákladné, pretože je potrebné pre ich realizáciu vyhotoviť potrebný počet funkčných prototypov kabína tieto podrobiť deformačným skúškam. V prípade negatívnych výsledkov je potrebné navrhnúť opatrenia a skúšky opakovať na nových funkčných vzoroch, čo predstavuje nemalé finančné náklady a často aj časový sklz pri návrhu a realizácii nového, alebo inovovaného mobilného pracovného stroja.

Z dôvodu optimalizácie procesu návrhu preto hľadáme nové možnosti a metódy pomocou ktorých môžeme predmetné skúšky simulovať a postupne sa takto priblížiť ku konečnému finálnemu riešeniu [4, 5]. Tieto činnosti možno realizovať za pomoci CAD softvérov a výpočtových programov, napríklad metódou konečných prvkov[6].

Ochranné konštrukcie chrániace pred padajúcimi predmetmi FOPS

Poskytujú dve kategórie prijateľnosti prihliadajúc na využiteľnosť špecifického mobilného pracovného stroja.

Kategória I., sa vzťahuje na ochranu vodiča pred padajúcimi tehlami, betónovými kockami, ručnými nástrojmi, náradie používané pri údržbe cestných komunikácií, nástroje na úpravu okolia a iné obslužné činnosti na pracovnom stanovisku. Predpokladá sa, že ochrana pred vniknutím vyššie uvedených predmetov bude zaistená pre kategóriu I. pri páde okrúhleho predmetu z výšky dostatočnej na vyvinutie energie 1365 J. Guľový predmet je z dostatočne pevnej ocele, alebo tvárnej liatiny, s hmotnosťou 45 kg a priemerom nepresahujúcim 250 mm. Ďalej norma striktne predpisuje postup samotnej deštruktívnej skúšky, ako aj umiestnenie DLV priestoru (Deflection Limiting Volume) [7] pod skúšanú ochrannú konštrukciu, ako aj presnú polohu umiestnenia padajúceho predmetu pre danú kategóriu stroja.

Kategória II., zabezpečuje ochranu vodiča pred ťažkými predmetmi, príkladom sú stromy alebo kamene. Pri skúškach podľa II. kategórie sa používa voliteľný predmet (guľovitý, alebo valcovitý) s max. priemerom 400 mm, ktorý je schopný vyvinúť pri dopade energiu 11 600 J. Jeho dopadová plocha musí byť kruhová s priemerom 200 mm, rovinná.

Ochranné konštrukcie chrániace pri prevrátení typu ROPS

Zahŕňajú všetky prvky, ktoré sú trvalou súčasťou rámu kabíny, nepatria sem demontovateľné časti, ako napríklad dvere kabíny alebo okenná konštrukcia či sklá.

Pre rôzne typy strojov norma presne špecifikuje ako sa má daná ochranná konštrukcia podrobiť skúške, ako sú definované pomocné testovacie zariadenia, ako napríklad konštrukcia pre rozloženie zaťažovacieho napätia alebo zariadenia a vybavenie potrebné na priebeh danej skúšky, či vyhodnotenie a jednotlivé posúdenie vykonanej skúšky na skúšobnej vzorke. Zaťaženia potrebné pre bezpečnostnú skúšku sú stanovené normou, v závislosti od

kategórie, využitia a hmotnosti stroja [2, 3].

Overovanie bezpečnosti kabíny simuláciou

Proces overovania odolnosti kabíny šmykom riadeného nakladača Locust 904 simuláciou vzhľadom na bezpečnostné požiadavky predpisov FOPS a ROPS je možné rozdeliť do dvoch etáp. Prvá etapa spočíva v príprave 3D dát dodaných od výrobcu kabíny, v druhej etape sa realizuje pevnostný výpočet metódou konečných prvkov.

Príprava 3D dát od výrobcu kabíny zahŕňa modifikáciu modulárnej konštrukcie tak, aby bol zachovaný tvar a vlastnosti konštrukcie, ale s účelom zjednodušenia a vytvorenia spojitých plôch v miestach určených pre technologické úkony – napr. zvary. Keďže konštrukcia kabíny mobilného pracovného stroja pozostáva zo špeciálnych „motýlikových" profilov a plechov s konštantným prierezom a hrúbkou, je možné pôvodný objemový model zjednodušiť na plošný model kabíny. Počas tejto úpravy je potrebné z objemových častí kabíny – profily a plechy určitej hrúbky vytvoriť strednicové plochy pôvodných profilov. V záujme bezproblémovej tvorby siete, avšak so snahou zachovať tuhosť pôvodného modelu je taktiež dôležitým krokom odstránenie malých rádiusov na kabínových profiloch, obr. 1, 2.

1

2

Pripravený plošný model kabíny je použitý ako vstup do výpočtovej simulácie, kde je potrebné zadať aj okrajové podmienky výpočtu a zaťaženia stanovené normou pre bezpečnostné skúšky kabín.

Simulácia bezpečnostnej skúšky bola realizovaná vo výpočtovom softvéri Ansys, kde bol vytvorený matematický model. Na tvorbu matematického modelu boli použité tzv. škrupinové (shell) lineárne prvky. Výnimkou boli úchyty kabíny k rámu, diskretizované lineárnymi objemovými prvkami (solid).

Pri generovaní siete bol na všetky kabínové profily, bočné a zadné plechy použitý plošný štvoruzlový prvok. Na objemové úchyty kabíny k rámu bol generovaný objemový desaťuzlový prvok, obr.3.

Okrajové podmienky výpočtu

Konštrukcia kabíny bola votknutá (odobratie všetkých stupňov voľnosti) na plochách, ktoré súpočas skúšky v kontakte s pevným rámom. Počas skúšky je kabína uchytená k rámu rovnakým spôsobom ako počas prevádzky k rámovej konštrukcii nakladača. V tejto súvislosti e nutné podotknúť použitie „silentblokov" v miestach uchytenia kabíny k rámu pracovného stroja. Toto upevnenie nebolo počas matematického výpočtu uvažované.

3

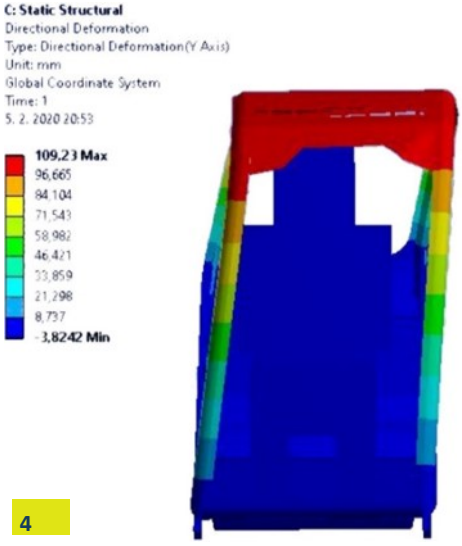
Zaťaženie

V prípade aplikácie bočného zaťaženia bola vymodelovaná plocha predstavujúca dosku zaťažujúceho lisu počas reálnej skúšky. Táto doska bola zaťažená silou potrebnou na dosiahnutie deformačnej energie predpísanej normou pre šmykom riadené nakladače danej hmotnostnej kategórie. Po dosiahnutí tejto energie bola doska postupne odľahčovaná až do nulového zaťaženia. V prípade zvislého zaťaženia bola použitá kabína deformovaná v predchádzajúcom kroku, zaťažená zvislo na plochách, ktoré sú v kontakte so zaťažujúcou doskou skúšobného lisu.

Porovnanie výsledkov simulácie a skúšky pri bočnom zaťažovaní kabíny

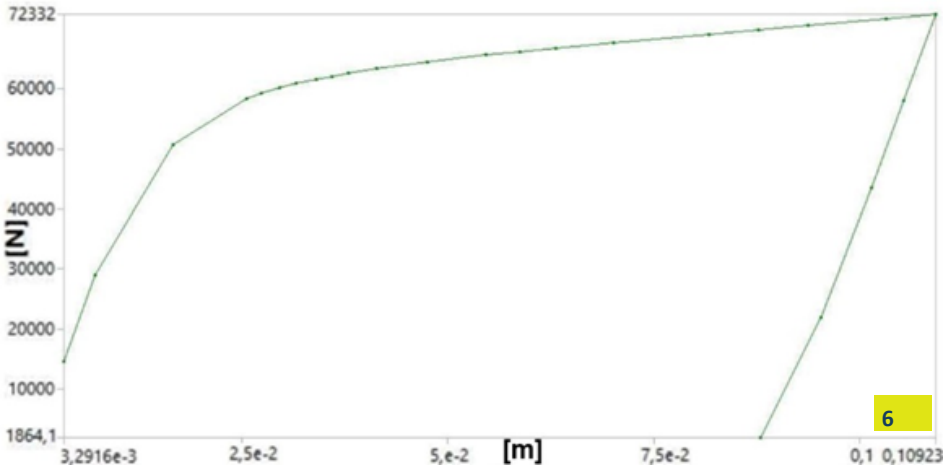
Na základe matematickej simulácie bezpečnostnej skúšky a výsledkov experimentálneho zaťažovania prototypu kabíny je možné vyvodiť niekoľko záverov. Dôležité je spomenúť fakt, že kabína podrobená matematickému výpočtu bola uchytená pevnými väzbami v miestach uchytenia k rámu pracovného stroja. Pri reálnych skúškach bola kabína uchytená k rámu stroja pomocou pružných/ elastických členov (silentblokov), tak ako aj počas jeho pracovnej prevádzky. Súčasťou experimentálnej bezpečnostnej skúšky kabíny je okrem rámu nakladača aj pracovné zariadenie, obr. 4, 5.

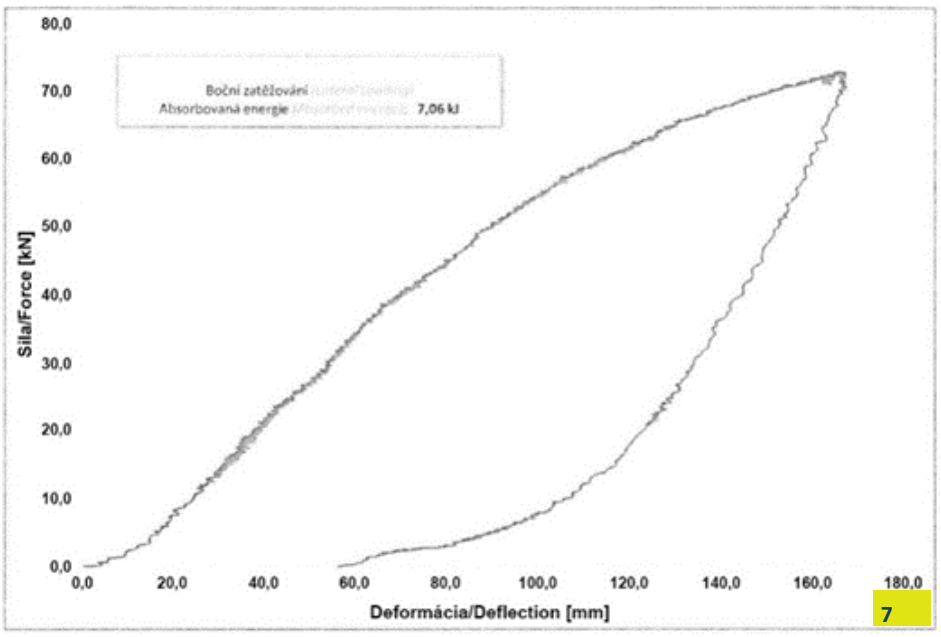
experimentálnej skúške sú hodnoty sily a deformácie zaznamenávané počas zaťažovania, obr. 6, 7.



4

5





Ako porovnateľné výstupy je možné použiť výsledné grafy závislosti deformácie konštrukcie kabíny od bočnej zaťažovacej sily. V prípade matematického výpočtu je graf vygenerovaný z výpočtového softvéru, pri experimentálnej skúške sú hodnoty sily a deformácie zaznamenávané počas zaťažovania, obr. 6, 7. Z uvedenej závislosti deformácie konštrukcie kabíny vzhľadom na zvyšovanie bočnej sily z výpočtovej simulácie je maximálna deformácia kabíny pri simulácii približne 110mm, z grafu nameraných hodnôt je maximálna deformácia kabíny približne 160 mm. Po vyhodnotení spomaleného videa z reálnej zaťažovacej skúšky bolo možné usúdiť, že vyššia hodnota deformácie môže vznikať v dôsledku uchytenia kabíny k rámu pracovného stroja prostredníctvom pružných členov

Záver

Matematickou simuláciou boli overené aj ďalšie skúšobné zaťaženia predpísané normou pre ochranné konštrukcie chrániace pri prevrátení typu ROPS vrátane zvislého a pozdĺžneho zaťaženia. Taktiež aj ochranné konštrukcie chrániace pred padajúcimi predmetmi FOPS kategórie I., kde bol výpočet zrealizovaný ako dynamická analýza padajúceho guľového telesa, prostredníctvom explicitnej časovej integrácie. Z dôvodu vysokej časovej náročnosti výpočtu bol sledovaný len prvý náraz guľového telesa, ďalšie odrazy sa už nesimulovali.

Na základe porovnania výsledkov zaťažovania kabíny mobilného pracovného stroja, či už matematickou simuláciou, alebo reálnou zaťažovacou skúškou sa dá usúdiť, že vhodne stanovenými výpočtovými parametrami a okrajovými podmienkami je možné s vysokou vierohodnosťou overovať bezpečnosť kabín mobilných pracovných strojov vzhľadom na platné predpisy a normy aj matematickým výpočtom – simuláciou. Takáto prediktívna metóda obzvlášť simplifikuje a urýchli návrh inovatívnych modulov mobilných pracovných strojov už počas konštrukčnej fázy, a umožňuje prispôsobiť zmeny konštrukcie včas, ešte pred výrobnou fázou prototypu. Dosiahne sa zníženie časovej náročnosti na vývoj, výrobu a skúšanie modulu pracovného stroja. Zredukujú sa aj finančné náklady vzhľadom na to, že sú simuláciou skúšané 3D dáta, a nie je nutné reálnej skúške podrobiť niekoľko kusov vyrobených kabín.

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-15-0524 a Zmluvy č. APVV-17-0309.

Literatúra:

[1] Mazurkievič I., Gulan L., Izrael G.:Mobilné pracovné stroje – Teória a konštrukcia základných modulov, Vydavateľstvo STU v Bratislave, ISBN 978-80-227-3968-9, 2013.
[2] STN EN ISO 3449, Stroje na zemné práce. Ochranné konštrukcie proti padajúcim predmetom. Laboratórne skúšky a technické požiadavky
[3] STN EN ISO 3471, Stroje na zemné práce. Ochranné konštrukcie chrániace pri prevrátení. Laboratórne skúšky a technické požiadavky
[4] Mazurkievič I., Gulan L., Izrael G.: Mobilné pracovné stroje - Cestné stroje, Vydavateľstvo STU v Bratislave, ISBN 978-80-227-3653-4, 2012
[5] Mazurkievič I., Gulan L., Izrael G.: Mobilné pracovné stroje - Zemné stroje, Vydavateľstvo STU v Bratislave, ISBN 978-80-227-4190-3, 2014
[6] D. HailouaBlanco, C. Martin, A. Ortalda.: Virtual ROPS and FOPS Testing on AgriculturalTractorsAccording to OECD Standard Code 4 and 10, In: 14th International LS-DYNA UsersConference, 2016
[9] STN EN ISO 3164, Stroje na zemné práce. Laboratórne hodnotenie ochranných konštrukcií. Chránený priestor limitujúci deformácie.

Autori:

- Ing. Adam Vincze,Strojnícka fakulta STU v Bratislave
- prof. Ing. Ladislav Gulan, PhD., Strojnícka fakulta STU v Bratislave
- Ing. Roman Ižold, Strojnícka fakulta STU v Bratislave
- Ing. Andrej Korec, Strojnícka fakulta STU v Bratislave

Zaradenie článku:

- Vedecký

Obrázky:

1: Rez objemovým modelom

2: Rez plošným modelom

3: Sieťové prvky generované na kabíne mobilného pracovného stroja

4: Deformácia konštrukcie pri maximálnom simulovanom zaťažení

5: Deformácia konštrukcie po maximálnom reálnom zaťažení

6: Závislosť deformácie kabíny od zaťažovacej sily pri bočnom simulovanom zaťažení

7: Závislosť deformácie kabíny od zaťažovacej sily pri bočnom reálnom zaťažení

Buildustry
Brio Invenia