

Ing. Ivan Vavrík

Technológia stavieb

Autoreferát dizertačnej práce

Vplyv technológie pohľadového betónu na kvalitu jeho povrchu

- na získanie akademického titulu:** „doktor“ („philosophiae doctor“, v skratke „PhD.“)
- v doktorandskom študijnom programe:** 3659 Technológia stavieb
- v študijnom odbore:** 35. Stavebnictvo
- Forma štúdia:** denná

::::: S T U

Dizertačná práca bola vypracovaná na Katedre technológie stavieb, Stavebná fakulta,
Slovenská technická univerzita v Bratislave

Predkladateľ: Ing. Ivan Vavrík

Katedra technológie stavieb

Stavebná fakulta Slovenskej technickej univerzity v Bratislave

Radlinského 2766/11, 810 05 Bratislava

Školiteľ: doc. Ing. Peter Makýš, PhD.

Katedra technológie stavieb

Stavebná fakulta Slovenskej technickej univerzity v Bratislave

Radlinského 2766/11, 810 05 Bratislava

Autoreferát bol rozoslaný:

Obhajoba dizertačnej práce sa bude konať dňa 23.08.2023 **o 10:00 h na** Katedre technológie
stavieb, Stavebná fakulta Slovenskej technickej univerzity v Bratislave, Radlinského 2766/11,
810 05 Bratislava.

.....
prof. Ing. Stanislav Unčík, PhD.

Dekan

::::: S T U

Obsah

1	Úvod	5
2	Najčastejšie nedostatky povrchu pohľadového betónu	6
2.1	Pórovitost'	6
2.2	Trhliny	6
2.3	Segregácia zložiek	6
2.4	Štrkové hniezda	7
2.5	Mramorovanie	7
2.6	Škvornitost'	7
2.7	Stekanie cementového mlieka po debnení	7
2.8	Chyby spôsobené výstužou	7
2.9	Pozostatky separačných prostriedkov	8
2.10	Chyby spôsobené debnením	8
2.11	Chyby spôsobené dištančnými podložkami	8
3	Analýza súčasného stavu realizácie pohľadových betónov u nás a v zahraničí	8
4	Ciele a tézy práce	9
4.1	Ciele práce	10
4.2	Tézy práce	10
4.3	Postup pre naplnenie cieľa	10
5	Metodika práce a metódy skúmania	11
6	Overenie vplyvu plášťa debnenia a oddebnovacieho prostriedku v laboratóriu	12
6.1	Postup prác pri výrobe a vyhodnocování vzoriek	13
6.2	Stanovenie pórovitosti	14
6.3	Stanovenie odchýlky farebného kontrastu	15
6.4	Vyhodnotenie získaných dát a výsledky experimentu	16
6.5	Prehľad nákladov na debnenie	16
7	Výsledky práce a diskusia	17

::::: S T U

8	Prínosy dizertačnej práce	20
8.1	Prínos dizertačnej práce pre vedu.....	20
8.2	Prínos dizertačnej práce pre pedagogiku.....	21
8.3	Prínos dizertačnej práce pre prax.....	21
9	Záver.....	21
	Zoznam použitej literatúry	23
	Zoznam publikačnej činnosti	30

1 Úvod

V historickom vývoji stavebných látok používaných na konštrukcii stavieb sa uplatňovali predovšetkým ich primárne technické, úžitkové vlastnosti: súdržnosť, pevnosť, odolnosť proti mechanickému poškodeniu, proti opakovaným mrazom, dažďu, vetru, slnečnému žiareniu a podobne. Použitie konkrétnych materiálov záviselo predovšetkým od klimatických podmienok, od ich miestneho či regionálneho výskytu, od historickej vývojovej kontinuity a tradície, od stupňa technického rozvoja, čiže možnosti a spôsobu ich vytvárania, dobývania alebo priemyselného spracovania, od ekonomických možností a podmienok. Popri využívaní základných konštrukčno-technických vlastností stavebných látok sa následne rozvíjajú a uplatňujú ich estetické vlastnosti, to znamená ich cieľavedomá úprava, tvarovanie, odhaľovanie ich štruktúry a farby na vyzdvihnutie ich estetických hodnôt. [1]

Pohľadový betón stále častejšie tvorí súčasť pozemných a inžinierskych stavieb a používa sa na všetky druhy horizontálnych aj vertikálnych konštrukcií. Realizácia pohľadového betónu ale nie je jednoduchá a kvalita povrchu nezriedka nenaplní požiadavky investora a projektanta. Z tohto dôvodu by bolo pre zhotoviteľov výhodné, ak by poznali vplyv čiastkových procesov realizácie betónových konštrukcií na výslednú kvalitu výrokov.

Ako pohľadový betón sa označujú viditeľné povrhy monolitickej betónovej konštrukcie alebo prefabrikovaného betónového dielca, pri ktorých je požadovaný špecifický, vopred definovaný vzhľad tohto povrchu. Špecifickým, vopred definovaným vzhľadom sa rozumie súbor viditeľných znakov (spravidla geometrický tvar, štruktúra a textúra povrchu, farba), ktoré vyjadrujú autorský zámer projektanta, prípadne architekta, v súlade s požiadavkami investora. Tieto môžu byť definované podľa dohodnutého technického predpisu. Pohľadový betón môže mať veľmi rôznorodý vzhľad, a to najmä pri použití špeciálnych debnení, pri použití čerstvého betónu rôzneho zloženia alebo v dôsledku použitia špeciálnych technológií dodatočnej úpravy povrchov v čerstvom aj zatvrdnutom stave. [2]

Úprava povrchu sa rozlišuje na betón:

- bez ďalšieho opracovania (upravujú sa pomocou odtlačku debnenia, prípadne špeciálnymi debniacimi matricami, farbením, minimálnym opracovaním

••• S T U

oddebneného čerstvého betónu, napríklad odstránením malých nerovností alebo silným ometením metlou),

- s ďalším opracovaním čerstvo oddebneného betónu vymývaním (vymývaný betón),
- povrhy s dodatočným opracovaním stvrdenutého povrchu betónu technikou opracovania kameňa (špicovaním, zúbkovaním),
- opracovanie pieskovaním, brúsením alebo leštením. [7]

Táto práca sa venuje prvému spomenutému druhu, a teda betónu bez ďalšieho opracovania.

Ďalšími pojimami, ktoré súvisia s pohľadovým betónom, sú režný a architektonický betón. Pod pojmom režný betón sa rozumie betón s výsledným povrhom v základnej farbe zhotovený ako odtlačok debnenia, pri ktorom nie je potrebný špecifický vzhľad. Ako architektonický betón sa označuje pohľadový betón, na ktorého povrch sa kladú zvláštne estetické požiadavky prekračujúce technické kritériá viditeľných znakov, pre ktoré je charakteristické použitie zvláštne debnenie alebo jeho prvky, čerstvý betón špeciálneho zloženia alebo niektorá zo špeciálnych technológií dodatočnej úpravy povrchu. [2]

2 Najčastejšie nedostatky povrchu pohľadového betónu

2.1 Pórovitosť

Pórovitosť je povrchová nedokonalosť, ktorá sa na pohľadovom betóne prejaví ako drobné vzduchové bublinky alebo kaverny. Pri pohľadových betónoch je to primárne kozmetický nedostatok, ale existencia pórov má vplyv aj na ochranu výstuže pred koróziou. [4] Taktiež je jedným z najdôležitejších činiteľov ovplyvňujúcich pevnosť materiálov. Všeobecne platí, že so stúpajúcou pórovitosťou nepriamo úmerne klesá pevnosť betónu. [5]

2.2 Trhliny

Trhliny na povrchu betónu vznikajú ako dôsledok zmrašťovania a dotvarovania.

2.3 Segregácia zložiek

Pojem segregácia označuje dva vzájomne súvisiace javy. Prvým je odlučovanie vody, ktoré nastáva, ak je v príliš tekutom čerstvom betónu použitá relatívne nízka dávka cementu alebo príliš vysoká dávka superplastifikátoru. Vrstva vody na hornom povrchu čerstvo betónovaného konštrukčného prvku je jasným symptómom krvácania (potenia)

::::: S T U

betónu. Druhým javom je sedimentácia. Tá predstavuje hromadenie zŕn väčnej frakcie, a teda s vyššou hmotnosťou zrna, na dne realizovanej konštrukcie. [6] Zrná menšej frakcie s nižšou hmotnosťou zostávajú vo vyššej časti konštrukcie a v najvyššej časti sa tvorí súvislá vrstva cementového mlieka. [11]

2.4 Štrkové hniezda

Štrkové hniezda sú miesta na konštrukcii s obnaženou štruktúrou hrubého kameniva. [2, 16] Vznikajú na betónoch s tuhšou konzistenciou v dôsledku nedostatočného zhutnenia čerstvého betónu [15, 19], pri použití kameniva s nevhodnou krivkou zrinitosti (veľký podiel kameniva väčzej frakcie) alebo pri veľmi hustom vystužení. [11] Pri tekutých konzistenciách môže nastať vyečenie cementového mlieka cez netesnosti v debnení. [11] Ďalším dôvodom vzniku štrkových hniedz je segregácia popísaná v predchádzajúcej podkapitole.

2.5 Mramorovanie

Mramorovanie predstavuje oblakovité alebo pruhovité rozdiely vo farebnom tóne betónového povrchu. [2]

2.6 Škvrenitost'

Škvrenitost' na povrchu betónu môže byť spôsobená rozdielnou nasiakavosťou debnenia. Absorpčné debnenie je schopné po uložení a spracovaní čerstvého betónu svojou nasiakavosťou odobrať časť zámesovej vody, tým zníži vodný súčiniteľ a pritiaha k povrchu jemné čiastočky cementu a drobného kameniva. Povrch je obyčajne matný a tmavší. Neabsorpčné debnenie z povrchových vrstiev čerstvého betónu vodu neodoberá a povrch je lesklý a svetlejší. [1]

2.7 Stekanie cementového mlieka po debnení

Stekanie cementového mlieka po debnení nastáva pri použití superplastifikačných príсад [17], keď tekuté cementové mlieko steká po debnení, ktoré ho absorbuje, a tým vzniká iný farebný odtieň. [14]

2.8 Chyby spôsobené výstužou

Ak sa pri viazaní výstuže nedodrží predpísané krytie alebo sa poloha výstuže zmení počas betonáže, tak môže dôjsť k prekresleniu výstuže na povrch betónovej konštrukcie. [15] Ďalším nedostatkom povrchu železobetónových konštrukcií sú škvreny spôsobené

::::: S T U

hrdzou z výstuže. Veľmi skorodovanú výstuž, z ktorej sa odlupujú šupinky, nemožno použiť, menšie zhrdzavenie neprekáža [18], ale ak je výstuž uložená v debnení vystavená nepriaznivým klimatickým podmienkam, tak je potrebné debnenie pred betonážou vycistiť.

2.9 Pozostatky separačných prostriedkov

Ak sa pre oddebňovanie nanesie na debnenie veľmi veľké množstvo separačného prostriedku, môže tento prostriedok zanechať na povrchu betónovej konštrukcie rôznofarebné škvurny. [15, 30]

2.10 Chyby spôsobené debnením

Ak nie je debnenie schopné bezpečne preniesť všetky zaťaženia (napríklad tlak čerstvého betónu), tak nastávajú neprípustné priehyby betónovej konštrukcie. Menšie priehyby nastávajú aj vplyvom pružnosti materiálov. Chyby nastávajú aj pri nevhodnom kotvení debnenia a pri nedostatočnom zarovnaní a zatmelení stykov dosiek a pri použití poškodených dosiek. [14] Pri nedostatočnom utesnení debnenia vznikajú ostrapy, čo sú čiarové nerovnosti vznikajúce v miestach styku debnenia. [2]

2.11 Chyby spôsobené dištančnými podložkami

Chyby spôsobené dištančnými podložkami pre výstuž sa prejavujú ich pretlačením na plášť debnenia. Príčinou je najčastejšie malé množstvo alebo nevhodný druh dištančných prvkov, veľký stupeň vystuženia a ak plášť debnenia nasiakne vodou, čo má za následok pokles jeho pružnosti a dištančný prvok sa ľahšie otlačí. [15]

3 Analýza súčasného stavu realizácie pohľadových betónov u nás a v zahraničí

Skúsenosti z praxe ukazujú, že realizácia kvalitných pohľadových betónov nie je jednoduchá. Realizácia kvalitného pohľadového betónu nie je dôležitá iba z estetického hľadiska, ale aj z hľadiska predĺženia životnosti konštrukcie. [33] Veľa chýb je spôsobených nedostatkom skúseností a znalostí zhotoviteľa. [20] Požiadavky na finálne vlastnosti povrchu a na realizáciu pohľadového betónu nedefinuje na Slovensku [2] ani v okolitých krajinách [7, 27] žiadna konkrétna norma ani právny predpis. Definované sú len všeobecné požiadavky na betón (*STN EN 206+A2 Betón. Špecifikácia, vlastnosti výroba a zhoda* [8]) a zhotovovanie betónových konštrukcií (*STN EN 13670 Zhotovovanie betónových konštrukcií* [12]). Druhá spomínaná norma sa pri požiadavkách na výsledný

povrch konštrukcie odvoláva na normu *STN EN 12839 Betónové prefabrikáty. Prvky na ploty*, v ktorej je ale len definované, že vzhľad povrchu po oddebnení a množstvo pôrov musí zodpovedať deklaráciu výrobcu. [21]

Definícia pohľadového betónu a odporúčania pre realizáciu sa vyskytujú v odborných článkoch a publikáciach vydávaných rôznymi národnými organizáciami. Na Slovensku je to smernica *Pohľadový betón* od Slovenskej asociácie výrobcov transportbetónu [2], v Českej republike *Technická pravidla ČBS 03 Pohľadový beton* od České betonářské společnosti [22], v Rakúsku *Richtlinie Sichtbeton – Schalte Betonflächen* od Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik [23] a v Nemecku *Sichtbeton. Merkblatt, Deutscher Beton- und Bautechnik Verein* od Bundesverband der Deutschen Zementindustrie. [24, 25] Všetky spomínané vznikli vzájomnou spoluprácou, a preto sú základné pojmy a informácie rovnaké.

Z analýzy súčasného stavu realizácie pohľadových betónov vyplýva, že na kvalitu výsledného povrchu má vplyv veľmi veľa faktorov. Zhotovenie kvalitného povrchu si vyžaduje starostlivosť, odborné vedomosti, skúsenosť, technickú a remeselnú zručnosť. Pri návrhu spolu musia úzko spolupracovať architekt, projektant, zhotoviteľ a jeho dodávateľia. Pred začiatkom realizácie je potrebné stanoviť požiadavky na výsledný povrch a na ich základe vykonať dôslednú technologickú prípravu.

Najvýznamnejšími faktormi ovplyvňujúcimi kvalitu pohľadového betónu je kvalita zhotovenia a podmienky realizácie (poveternostné vplyvy, dodávka, uloženie a zhutnenie betónu, čas a spôsob oddebnenia, ošetrovanie a dodatočné úpravy, kvalifikovaný a stály personál vykonávajúci práce, spôsob nanášania oddebnovacieho prostriedku), betón a výstuž (krytie výstuže a stupeň vystuženia, vhodné a stále zloženie betónu), debnenie (stav pri použití, povrch, tolerancie, spôsob uchytenia debniacich dosiek, tesnenie škár, spoje, spínacie prostriedky, hrany, skladovanie, údržba, príslušenstvo, kvalita montáže, rôznorodosť materiálu) a oddebnovacie prostriedky (druh a kvalita).

4 Ciele a tézy práce

Z dostupnej literatúry vyplývajú len všeobecné poznatky o tom, ako veľmi čiastkové procesy ovplyvňujú výsledný vzhľad pohľadového betónu. Z pohľadu samotnej realizácie sú najvýznamnejšími procesmi debnenie, separačné prostriedky a spôsob ukladania a zhutňovania čerstvého betónu. Zhotovitelia betónových konštrukcií nemajú k dispozícii konkrétné informácie a návody, ako postupovať pri realizácii. Z tohto dôvodu by pre nich

::::: S T U

bolo výhodné poznať konkrétny vplyv kombinácie použitého debnenia a separačného prostriedku na pôrovitosť a farebnosť pohľadového betónu a navrhnutú pre nich optimálnu technológiu pre realizáciu jednotlivých tried pohľadového betónu PB0, PB1, PB2, PB3 a PBS. Sledované kvalitatívne parametre boli zvolené preto, lebo najviac ovplyvňujú výsledný vzhľad. Predmetom podrobnejšieho výskumu v tejto dizertačnej práci sú plášte debnenia a oddebňovacie prostriedky, nakoľko pri dodržaní projektovej dokumentácie a technologickej disciplíny najviac ovplyvňujú výsledok priamo na stavbe a zodpovedá za nich zhotoviteľ. Z významných faktorov nebol zvolený betón a výstuž, nakoľko za kvalitu betónu zodpovedá jeho výrobca a za návrh výstuže projektant statiky.

4.1 Ciele práce

Cieľom práce je určiť vplyv vybraných faktorov technológie realizácie pohľadového betónu na kvalitu jeho povrchu. Z faktorov, ktoré ovplyvňujú kvalitu výsledného produktu sa dizertačná práca zameria na plášť debnenia a oddebňovací prostriedok. Pri hodnotení kvality pohľadového betónu sa bude sledovať pôrovitosť a rovnomená farebnosť jeho povrchu, na základe ktorých sa povrchu priradí trieda pohľadového betónu.

4.2 Tézy práce

1. Nasiakavosť plášťa debnenia má vplyv na pôrovitosť a farebnosť povrchu zatvrdnutého betónu.
2. Oddebňovacie prostriedky majú vplyv na zachytávanie vzduchových bublín na povrchu debnenia, a tým ovplyvňujú pôrovitosť zatvrdnutého betónu.
3. Pri absorpcnom debnení by sa opakoványm použitím mala ustáliť nisiakavosť dosky a farebnosť zatvrdnutého betónu bude rovnomernejšia.

4.3 Postup pre naplnenie cieľa

1. Analýza súčasného stavu realizácie pohľadových betónov u nás a v zahraničí.
2. Syntéza získaných poznatkov o definovaní pohľadových betónov a vplyvu čiastkových procesov realizácie.
3. Príprava experimentu pre posudzovanie vplyvu plášťa debnenia a oddebňovacích prostriedkov na kvalitu pohľadového betónu.
4. Výroba vzoriek a ich vyhodnotenie z hľadiska pôrovitosti a rovnomernej farebnosti.
5. Vyhodnotenie výsledkov experimentov.
6. Spracovanie odporúčaní na základe získaných výsledkov.

5 Metodika práce a metódy skúmania

Analýza je všeobecná metóda skúmania jednotlivých zložiek a vlastností predmetu, javu, činnosti. [62] V rámci moje dizertačnej práce je analýze venovaná kapitola 2 *Najčastejšie nedostatky povrchu pohľadového betónu* a kapitola 3 *Analýza súčasného stavu realizácie pohľadových betónov u nás a v zahraničí*. Prvá zmienená popisuje chyby, ktoré vznikajú na pohľadových betónoch a poškodzujú jeho vzhľad a stanovuje ich možné príčiny. Druhá zmienená kapitola sa na začiatku zaoberá definíciou pojmu „pohľadový betón“, požiadavkami na kvalitu podľa smerníc zaobrajúcich sa týmito betónmi a následne popisuje faktory, ktoré ovplyvňujú výslednú podobu pohľadového betónu. Z pohľadu realizácie je to najmä použitý betón, debnenie, oddebnovací prípravok a spôsob ukladania.

Syntéza je zhrnutie poznatkov do celku. [62] V dizertačnej práci je syntéza aplikovaná v kapitole 4 *Ciele a tézy práce*, ktorá zhŕňa nadobudnuté poznatky a stanovuje cieľ práce, ktorým je návrh vhodnej technológie realizácie pohľadového betónu z pohľadu pórovitosti a rovnomernej farebnosti povrchu vyhotovenej konštrukcie so zameraním na výber vhodného debnenia a oddebnovacieho prostriedku.

Konkretizácia pozostáva z vyhotovenia vzoriek lišiacich sa v použitom plášti debnenia a oddebnovacieho prostriedku. Venuje sa jej kapitola 6 *Overenie vplyvu plášťa debnenia a oddebnovacieho prostriedku v laboratóriu*, ktorá pozostáva z experimentu a obsahuje popis zvolených parametrov, kombinácie debniacich dosiek a oddebnovacích prostriedkov, pracovný postup vyhotovenia vzoriek a záznamy meraní. Na základe týchto parametrov sú potom vzorky zatriedené do tried pohľadového betónu podľa smernice *Pohľadový betón*. [2] Cieľom experimentu je získanie podkladov pre indukciu.

Indukcia je typ úsudku a metóda skúmania, keď sa z jedinečných výrokov usudzuje na všeobecný záver. [62] Indukciu je venovaná kapitola 7 *Výsledky práce a diskusia*, v ktorej sú popísané vplyvy parametrov na výsledný povrch pohľadového betónu.

Dedukcia je typ úsudku a metóda skúmania, keď sa z prijatých výrokov dospieva k novému tvrdeniu. [62] Dedukcia je použitá v kapitole 9 *Záver*, v ktorej sú zhrnuté nadobudnuté poznatky o vplyve rôznych kombinácií plášťov debnenia a oddebnovacích prostriedkov. Z týchto poznatkov sú spracované odporúčania pre zhotoviteľov konštrukcií z pohľadového betónu.

6 Overenie vplyvu plášťa debnenia a oddebňovacieho prostriedku v laboratóriu

Experiment na posúdenie vplyvu plášťa debnenia a oddebňovacích prostriedkov spočíval v dvadsiatich kombináciach týchto dvoch parametrov pri použití ôsmych typov debniacich dosiek a troch typov oddebňovacích prostriedkov. Celkovo bolo vyhotovených 25 kusov vzoriek s rozmerom 500 x 500 x 60 mm. Na jednom kuse vzorky boli odskúšané dve kombinácie debnenia a oddebňovacieho prípravku (z oboch strán jedna), vo výsledku bolo vytvorených 50 plôch, na ktorých bola následne vyhodnotená pôrovitosť a farebnosť.

Výber debniacich dosiek a oddebňovacích prostriedkov prebehol po konzultácii s ich výrobcami *DOKA Slovakia, Debniaca technika s.r.o.* a *PERI spol. s r.o.* tak, aby boli zastúpené viaceré materiálové bázy a zároveň boli použité výrobky, ktoré sú týmito spoločnosťami odporúčané a najčastejšie používané v stavebnej praxi. Výroba samotných vzoriek prebiehala v laboratóriu Technicko-kompetenčného centra spoločnosti *Danucem Slovensko a.s.* v Bratislave. Na všetky vzorky bol použitý betón s rovnakou receptúrou a rovnaký spôsob ukladania čerstvého betónu do debnenia tak, aby tieto parametre v čo najmenšej možnej mieri ovplyvnili výsledok.

Prevažná časť vzoriek bola vyrobená v troch vyhotoveniach. Vybrané kombinácie boli vyrobené v menšom počte z dôvodu, že debniace dosky boli výrobcom poskytnuté v neskoršej fáze experimentu a z kapacitných možností laboratória ich nebolo možné v požadovanom čase opakovat.

Prehľad dôležitých vlastností použitých plášťov debnenia je v *Tabuľke 6.1.*

Tabuľka 6.1: Vlastnosti použitých plášťov debnenia [autor]

Názov	Materiál dosky	Povrchová úprava na strane betónu	Hrubka [mm]	Hmotnosť [kg.m ⁻²]
DOKA 3-SO	smrek	močovinovo-melamínová živica 130 g.m ⁻²	21	10
DOKA Xlife Frami	breza	polypropylén	15	11,2
DOKA EUCAplex plus	eukalyptus	fenolová živica 240 g.m ⁻²	18	10,5
DOKA Xface	breza	syntetická živica vystužená vláknami	21	15
DOKA DokaPly Birch	breza	fenolová živica 120 g.m ⁻²	18	12,2
PERI 3S	ihličnan	melamínová živica	21	9,5
PERI FinPly Maxi	breza	fenolová živica 540 g.m ⁻²	20	15,75

Prehľad použitých oddebnovacích prostriedkov je v *Tabuľke 6.2.*

Tabuľka 6.2: Vlastnosti použitých oddebnovacích prostriedkov [autor]

Názov	Popis
DOKA OptiX	vodná emulzia na báze rastlinných olejov
DOKA Trenn	minerálny olej s menej ako 3 % rozpúšťadla dimethylsulfoxid
PERI Bio Clean	minerálny olej bez rozpúšťadiel

6.1 Postup prác pri výrobe a vyhodnocovaní vzoriek

Postup prác pri výrobe vzoriek bol nasledovný:

1. Priskrutkovanie bočných stien a dna formy na jednu debniacu dosku (každá časť tromi skutkami dĺžky 50 mm),
2. Zatmelenie vnútorných stykov dosiek akrylátovým tmelom, aby sa predišlo vytiečeniu tekutej zložky čerstvého betónu,
3. Po zatuhnutí akrylátového tmelu sa na debnenie naniesol oddebnovaci prostriedok – vodná emulzia rozprášovačom a následným zotretím štetcom, oleje štetcom,
4. Druhá debniaca doska s už naneseným oddebnovacím prostriedkom sa priskrutkovala k pripravenej prvej časti,
5. Styky druhej debniacej dosky sa zatmelili z vonkajšej strany z dôvodu malej šírky debnenia (malá šírka bola zvolená z dôvodu zníženia hmotnosti zatvrdenutých vzoriek, a tým pádom ľahšej manipulácie),
6. Zamiešanie zámesi betónu a vykonanie skúšky sadnutia pre určenie konzistencie čerstvého betónu,
7. Naplnenie formy do prvej polovice výšky (25 cm) a zhubnenie štyrmi vpichmi vibrátora po dobu 30 sekúnd pre každé vpichnutie,
8. Naplnenie druhej polovice formy a zhubnenie štyrmi vpichmi vibrátora po dobu 30 sekúnd pre každé vpichnutie,
9. Technologická prestávka dva dni pre zatvrdenie betónu (vzorky boli počas tvrdnutia betónu chránené pred priamym slnečným žiareniom, pred nepriaznivými vplyvmi okolia, teplota prostredia bola $+15^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, vlhkosť prostredia približne 65 %),
10. Oddebnenie vzoriek a očistenie debnenia,
11. Odfotografovanie vzoriek pre stanovenie pórositosti povrchu,
12. Zistenie veľkosti pór, ich modusu, mediánu a plochy pór v softvéri *ConcreteAnalysis 4.0*,

13. Určenie pórovitosti vzoriek podľa smernice *Pohľadový betón* [2],
14. Stanovenie odchýlky farebných odtieňov vzoriek použitím farebnej škály systému NCS podľa smernice *Pohľadový betón* [2],
15. Zatriedenie vzoriek do tried pohľadových betónov podľa smernice *Pohľadový betón* [2].

6.2 Stanovenie pórovitosti

Po stanovení veľkosti pórov v milimetroch a ich plochy v milimetroch štvorcových sa určila trieda pórovitosti podľa smernice *Pohľadový betón* [2], podľa ktorej sa pórovitosť povrchu určí ako podiel plochy otvorených pórov s rozmerom od 1 do 15 mm v mm^2 z celkového povrchu skúšobnej plochy (pozri *Vzorec 6.1*). Póry s rozmerom menším ako 1 mm a väčším ako 150 mm sa neuvažujú.

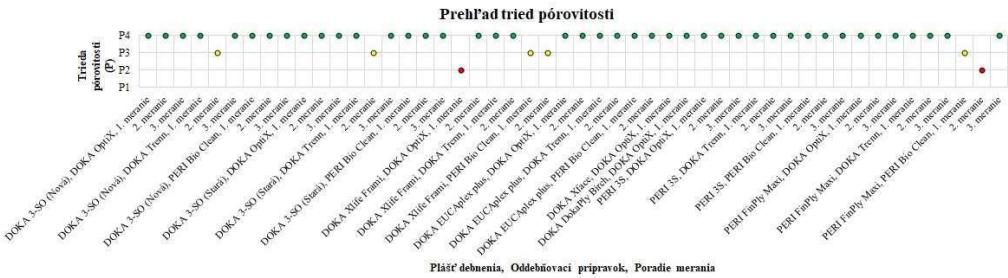
$$\text{Podiel pórov [\%]} = \frac{\text{Celkový súčet plochy pórov } [\text{mm}^2]}{\text{Skúšobná ploch } [\text{mm}^2]} * 100 \% \quad (6.1)$$

Po určení podielu pórov sa pre každú triedu určila pórovitosť podľa *Tabuľky 6.3*.

Tabuľka 6.3: Kritériá pórovitosti podľa smernice *Pohľadový betón* [2]

Kritérium pórovitosti	Pórovitosť povrchu betónu			
	P1	P2	P3	P4
Plocha pórov [mm^2] ¹⁾	max. 3 000	max. 2 250	max. 1 500	max. 750
Plocha pórov [%]	max. 1,2	max. 0,9	max. 0,6	max. 0,3
1) Plocha pórov v rozpätí 1 mm až 15 mm na skúšobnej ploche 500 mm x 500 mm				

Prehľad pórovitosti všetkých vzoriek je v *Grafe 6.1*.



Graf 6.1: Prehľad tried pôrovitosti [autor]

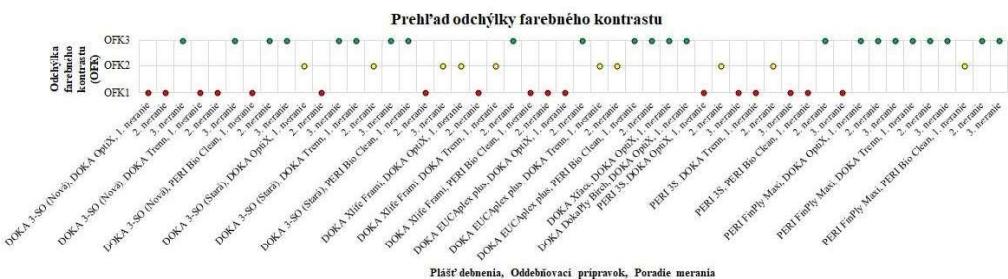
6.3 Stanovenie odchýlky farebného kontrastu

Pri stanovení odchýlky farebného kontrastu sa taktiež postupovalo podľa odporúčaní smernice *Pohľadový betón* [2], ktorá ako kritérium rovnomernej farebnosti berie do úvahy rozdiel farebného odtieňa. Na jeho základe rozdeľuje pohľadový betón do troch kategórií odchýlky farebného kontrastu (OKF):

- OFK1 je rozdiel farebného odtieňa v piatich susedných farebných tónoch,
 - OFK2 je rozdiel farebného odtieňa v štyroch susedných farebných tónoch,
 - OFK3 je rozdiel farebného odtieňa v troch susedných farebných tónoch.

Ak mali vzorky odchýlku OFK1 a OFK2, tak boli ďalej zaradené do kritéria rovnomernej farebnosti RF1, pri ktorom nie sú kladené požiadavky ohľadom farebných škvŕn. Ak mali odchýlku OFK3, tak boli zaradené do RF2, pretože pri nej nie je prípustné ffakaté prefarbenie.

Prehľad farebnosti všetkých vzoriek je v *Grafe 6.2.*



Graf 6.2: Prehľad odchýlky farebného kontrastu [autor]

S T U

6.4 Vyhodnotenie získaných dát a výsledky experimentu

Po stanovení pôrovitosti, odchýlky farebného kontrastu a rovnomernej farebnosti bolo možné vzorky zatriediť do tried pohľadového betónu PB0 až PBS. Výsledky sú uvedené v Grafе 6.3.



Graf 6.3: Prehľad tried pohľadového betónu [autor]

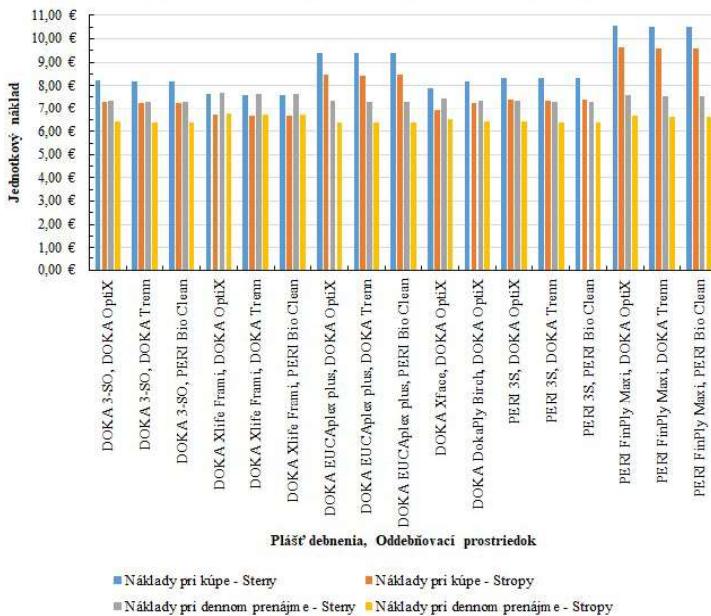
6.5 Prehlad nákladov na debnenie

Táto podkapitola je venovaná prehľadu cenníkových cien debniacich dosiek a oddebňovacích prostriedkov na 1 m^2 debnenia. Jednotkové ceny poskytli výrobcovia a sú platné v máji 2023.

Cena za zhotovenie 1 m^2 debnenia okrem nákladov na materiál debnenia a oddebňovací prostriedok v zmysle kalkulačného vzorca používaneho v stavebnictve pozostáva aj z nákladov na mzdy pracovníkov, stroje, ostatné priame náklady, výrobnú rážiu, správnu rážiu a zisku. V rámci dizertačnej práce sú tieto náklady prevzaté z cenníkovej databázy spoločnosti CENEKON, a.s., konkrétné verzia 2023/I v1. [72]

Celkové náklady na zhotovenie 1 m^2 debnenia stien a stropov pri kúpe debnenia a jeho prenájme sú uvedené v *Grafe 6.4*. Pri výpočte nákladov na kúpu debnenia bola zohľadnená aj jeho obrátkovosť, teda možnosť jeho opakovaného použitia, v zmysle technických listov od výrobcov.

Celkové náklady na zhotovenie a odstránenie 1 m² debnenia



Graf 6.4: Celkové náklady na zhotovenie a odstránenie 1 m² debnenia [autor]

7 Výsledky práce a diskusia

Na základe výsledkov experimentu v kapitole 6 možno konštatovať, že rôzne kombinácie plášťov debnenia a oddebnovacích prostriedkov majú zásadný vplyv na kvalitu pohľadového betónu, najmä na pórositosť, farebnosť a štruktúru povrchu.

Z pohľadu plášťa debnenia dosiahla najlepšie výsledky brezová doska s veľmi tvrdým povrchom zo syntetickej živice vystuženej vláknami. Pri tejto doske vzniklo na povrchu pohľadového betónu veľmi malé množstvo pórov s veľkosťou od 0,4 do 3,0 mm. Betón mal veľmi svetlú farbu a odtiene sa líšili iba o jeden stupeň farebnej škály. Povrch vzorky bol hladký a lesklý. Z týchto dôvodov bolo možné vzorku zaradiť do najvyššej triedy pohľadového betónu PBS. Príčinou svetlej farby betónu bol málo nasiakavý povrch debniacej dosky, ktorý neodal zámesovú vodu a neznížil vodný súčiniteľ. Príčinou nízkej pórositosti bol hladký a veľmi jemný povrch debniacej dosky, na ktorý sa neprichytili vzduchové bubliny a počas zhutňovania unikli z čerstvého betónu.

⋮⋮⋮ S T U

Veľmi dobré výsledky mali aj dosky s tvrdým povrchom z fenolovej živice. Brezová doska s povrhom z fenolovej živice 540 g.m^{-2} dosiahla pre väčšinu vzoriek triedu PBS. Výnimku tvorila kombinácia s oddebnovacím prostriedkom na báze minerálneho oleja bez rozpúšťadiel. Na povrchu betónu sice vzniklo väčšie množstvo malých pór, ale tieto zásadne neovplyvnili kategóriu pórovitosti, nakoľko póry s veľkosťou menšou ako 1 mm nevstupujú do výpočtu a póry s veľkosťou od 1 do 2 mm mali malú celkovú plochu. Farba betónu bola tmavá, farebnosť rovnomená a povrch bol matný. Príčinou bol nenasiačkový povrch debnenia. Brezová doska s povrhom z fenolovej živice 120 g.m^{-2} taktiež dosiahla triedu PBS, ale množstvo a veľkosť pór bola stredná a farba betónu stredne svetlá. Dôvodom bol o niečo nasiakavejší povrch než pri predchádzajúcej debniacej doske. Poslednou z tejto kategórie bola eukalyptová doska s povrhom z fenolovej živice 240 g.m^{-2} , pri ktorej boli vzorky zaradené do triedy PBS alebo PB3. Dôvodom o stupeň nižšej triedy bola nerovnomerná farebnosť povrchu. Póry na povrchu boli veľmi malé ($1,5 \pm 1 \text{ mm}$).

Dosky z ihličnatého dreva so živčným povrhom dosiahli priemerné výsledky. Väčšinu vzoriek bolo možné zaradiť do triedy PB3, hoci kategória pórovitosti bola P4. Prí smrekovej doske s povrhom z močovinovo-melamínovej živice 130 g.m^{-2} a aj doske z ihličnanu s povrhom z melamínovej živice vzniklo na povrchu vzoriek menšie množstvo malých až stredne veľkých pór. Dôvodom nízkej pórovitosti bola nasiakavosť debniacej dosky, ktoré spôsobila odsatie časti zámesovej vody a vzduchových bublin, a tým pádom zníženie vodného súčiniteľa povrchovej vrstvy betónu. Problémom tohto typu debnenia bola nerovnomerná farebnosť vzoriek. Veľké rozdiely vo farebných odtieňoch vznikli najmä pri prvom použití debnenia, kedy ešte použité drevo nemalo ustálenú nasiakavosť. Pri druhej a tretej vzorke sa postupne nasiakavosť a farebnosť ustálila. Ďalšou nevýhodou tohto typu plášťa debnenia bolo to, že ich povrch má štruktúru dreva. V závislosti od požiadaviek investora a projektanta to môže byť aj požadovaný vzhľad, avšak všetky nedostatky povrchu debnenia ovplyvnia aj povrch betónu. Prejavilo sa to najmä pri uzloch alebo jemných prasklinách v dreve, a taktiež pri povrchovej úprave s nižšou kvalitou, kedy sa striedala svetlá a tmavá farba betónu identicky s drevený doskami, z ktorých bolo debnenie vyrobené.

Pri smrekovej doske s povrhom z močovinovo-melamínovej živice 130 g.m^{-2} bol okrem vplyvu materiálu na sledované parametre porovnaný aj vplyv veku a stavu použitého debnenia. Z pohľadu pórovitosti sa neprevajili zásadné rozdiely. Inak tomu ale

•••• S T U

bolo pri farebnosti a štruktúre povrchu. Nové debnenie dávalo svetlejšie povrhy s väčšími farebnými rozdielmi, staré debnenie tmavšie a rovnomernejšie povrhy. Dôvodom bola ustálená nasiakovosť starého debnenia. Zásadným nedostatkom starého debnenia boli jeho poškodenia (škrabance, diery, odlúpené časti povrchovej vrstvy), ktoré vytvorili nevhodný odtlačok na pohľadovom betóne a vzorky museli byť zaradené do triedy PB1.

Poslednou skúmanou doskou bola brezová doska s povrhom z polypropylénu. Vzorky vyrobené použitím tohto debnenia boli zaradené do triedy PB3 a PB2. Póry mali vo veľkej miere veľkosť od 1 do 12 mm, čo výrazne ovplyvnilo kategóriu pórovitosti. Farba vzoriek bola svetlejšia, ale nebola rovnomená. Príčinou tohto stavu bolo to, že debnenie nebolo nasiakavé.

Z pohľadu použitého oddebňovacieho prostriedku boli zaznamenané rozdiely v pórovitosti aj vo farebnosti. Pri vodnej emulzii na báze rastlinných olejov vznikali na povrchu betónu väčšie póry, ale v malom množstve. Pri minerálnych olejoch bolo na povrchu vzoriek väčšie množstvo pórov, ale s menšou (minerálny olej bez rozpúšťadiel) alebo strednou veľkosťou (minerálny olej s menej ako 3 % rozpúšťadla). Bolo to spôsobené tým, že vo vodnej emulzii sú kvapôčky oleja obalené tenkou vrstvou vody. To zabraňuje prínutiu vzduchových bublín v čerstvom betóne na povrch debnenia s oddebňovacím prostriedkom. Vzduchové bublinky budú uniknú z čerstvého betónu počas zhutňovania, alebo sa odrazia od debnenia a neprejavia sa na povrchu betónu. Pri minerálnych olejoch vzduchové bublinky prítnú k povrchu debnenia.

Na farebnosť vplývali oddebňovacie prostriedky tak, že pri vodnej emulzii boli po oddebnení viac viditeľné rozdiely vo farebnosti, avšak postupne sa farebnosť ustálila. Bolo to spôsobené postupným vyprchaním oddebňovacieho prostriedku z povrchu vzoriek. Minerálne oleje vytvorili na debnení jednotný povrch. Preto mali po oddebnení povrhy rovnomernejšiu farebnosť. Pri nasiakavom debnení sa minerálne oleje lepšie vstrebali, a tak znížili absorpcné schopnosti debniacej dosky. Preto boli pri týchto debneniach pri minerálnych olejoch vzorky svetlejšie, než pri vodnej emulzii.

Na základe vyššie popísaných zistení je možné tvrdiť, že pre dosiahnutie najkvalitnejších pohľadových betónov triedy PBS je vhodné použiť kombináciu plášťa debnenia s tvrdým povrhom zo syntetickej živice a oddebňovacieho prostriedku z vodnej emulzie na báze rastlinných olejov. Dajú sa pri nej dosiahnuť najlepšie parametre pórovitosti, rovnomernej farebnosti a štruktúry povrchu. Pri nižších požiadavkách na triedu

pohľadového betónu môžu byť použité aj debniace dosky s povrchom z močovinovo-melamínovej živice alebo polypropylénu a oddebnovacie prostriedky z minerálneho oleja. V neposlednom rade je dôležité podotknúť, že pred začiatkom realizácie konštrukcií z pohľadového betónu je potrebné zadefinovať presné požiadavky na pohľadový betón, vyhotoviť skúšobnú plochu použitím vybranej kombinácie plášťa debnenia a oddebnovacieho prostriedku v podmienkach konkrétnej stavby a počas realizácie dodržiavať technologickú disciplínu.

Z analýzy nákladov na zhotovenie debnenia vyplýva, že rozdiel v cene je po zohľadení životnosti plášťa debnenia malý. Pri kúpe debnenia je rozdiel od jedného do dvoch eur, pri prenájme je to niekoľko centov. Doska *DOKA Xface* v kombinácii s oddebnovacím prostriedkom *DOKA OptiX*, ktorá dosiahla najlepšie výsledky hodnotenia pohľadových betónov, má dokonca nižšiu cenu, než niektoré výrobky, ktoré dosahujú horšie výsledky. Pre zhotoviteľov konštrukcií z pohľadového betónu možno konštatovať, že sa im na jednej strane oplatí investovať do kvalitnejšieho materiálu, nakoľko má dlhšiu životnosť a cena nie je o veľa vyššia, na druhej strane nemusia kupovať drahší materiál, pretože sa s ním nemusí dosiahnuť kvalitnejší povrch.

8 Prínosy dizertačnej práce

8.1 Prínos dizertačnej práce pre vedu

Z dostupnej odbornej literatúry vyplývajú len všeobecné poznatky o tom, ako veľmi čiastkové procesy ovplyvňujú výsledný vzhľad pohľadového betónu. Prevažná časť výskumov je venovaná návrhu zloženia čerstvého betónu. Vplyvu použitého debnenia a oddebnovacích prostriedkov sa venuje menej publikácií, ktoré sa vo veľkej miere venujú len jednému zo spominaných vplyvov. Z tohto dôvodu má dizertačná práca prínos vedeckej práce na výskum pohľadového betónu.

Táto práca je venovaná posúdeniu vplyvu dvadsiatich kombinácií ôsmich druhov plášťov debnenia a troch druhov oddebnovacích prípravkov. Na nadobudnuté výsledky môže ďalší výskum nadviazať buď rozšírením o ďalšie druhy plášťov debnenia a oddebnovacích prípravkov, alebo doplnením iných parametrov, ako napríklad dĺžka a spôsob zhutňovania čerstvého betónu alebo spôsob ošetrovania betónu počas tuhnutia a tvrdnutia. Ďalšími plášťami debnenia môžu byť drevené dosky bez povlaku na povrchu, kartónové debnenie, oceľové plechy alebo guma, ktorá sa často používa ako matrica

pri špeciálnych požiadavkách na odtlačok v betóne. Oddebnovacie prostriedky je možné rozšíriť o parafinové oleje alebo vosky a pasty.

8.2 Prínos dizertačnej práce pre pedagogiku

Poznatky nadobudnuté v dizertačnej práci možno zahrnúť napríklad do predmetu Technológia stavebných procesov 2, ktorý sa, okrem iného, venuje betonárskym procesom a rozšíriť tak poznatky budúcich technológov a projektantov. Ďalším miestom pre uplatnenie môžu byť Bakalárska práca (odbor Technológia a manažérstvo stavieb) a Diplomová práca (odbor Technológia stavieb), v rámci ktorých ich môžu študenti použiť pri spracovávaní technologických predpisov a špecifických problémov.

8.3 Prínos dizertačnej práce pre prax

Zhotovitelia betónových konštrukcií nemajú k dispozícii konkrétnie informácie a návody, ako postupovať pri realizácii pohľadového betónu. Z tohto dôvodu je pre nich výhodné poznať vplyv rôznych plášťov debnenia a oddebnovacích prostriedkov. Takto môžu pre nimi realizovanú konštrukciu navrhnúť optimálnu technológiu a ušetriť finančné prostriedky buď použitím lacnejších výrobkov pre konštrukcie s nižšími nárokmi na kvalitu, alebo ušetrením nákladov na opravy povrchov pri vysokých požiadavkách na kvalitu.

Nadobudnuté poznatky môžu použiť aj výrobcovia a predajcovia debnenia a oddebnovacích prostriedkov, ktorí ich môžu aplikovať pri projektovaní debnenia a konzultáciách s ich odberateľmi, prípadne pri návrhu optimalizácie debnenia.

9 Záver

Cieľom práce bolo určiť vplyv vybraných faktorov technológie realizácie pohľadového betónu na kvalitu jeho povrchu z pohľadu póravitosti a rovnomernej farebnosti povrchu vyhotovenej konštrukcie so zameraním na výber vhodného debnenia a oddebnovacieho prípravku. Pre splnenie cieľa bol analyzovaný súčasný stav realizácie pohľadových betónov u nás a v zahraničí, následne boli zhrnuté získané poznatky o definovaní pohľadových betónov a vplyvu čiastkových procesov realizácie. Na základe získaných poznatkov bol stanovený postup experimentu, ktorý spočíval vo vyhotovení vzoriek lísiacich sa v použitom plášti debnenia a oddebnovacích prostriedkoch. Z výsledkov experimentu boli spracované odporúčania pre výber kombinácie plášťa debnenia a oddebnovacieho prostriedku.

:::: S T U

Podľa výsledkov experimentu je možné tvrdiť, že pre dosiahnutie najkvalitnejších pohľadových betónov je najvhodnejšie použiť kombináciu plášťa debnenia s tvrdým povrchom zo syntetickej živice a oddebnovacieho prostriedku z vodnej emulzie na báze rastlinných olejov. Pri tejto kombinácii sa dá dosiahnuť veľmi nízka pórovitosť, rovnomerná farebnosť s malými rozdielmi v odtieňoch farebnej škály a veľmi dobrá štruktúra povrchu.

Veľmi dobré výsledky dosahujú aj dosky s tvrdým povrchom z fenolovej živice. Nasiakavé dosky s povrchom z močovinovo-melamínovej živice dosahujú dobré výsledky v pórovosti, ale nové dosky s rôznorodou nisiakavosťou sa môžu nevhodne prejavovať na farebnosti pohľadového betónu. Dosky s nenasiakavým povrhom z polypropylénu dosahujú horšie výsledky v pórovosti aj farebnosti pohľadového betónu.

Z oddebnovacích prostriedkov dosiahla lepšie výsledky vodná emulzia na báze rastlinných olejov, pri ktorej vznikali na povrchu betónu väčšie póry, ale v malom množstve. Pri minerálnych olejoch bolo na povrchu vzoriek väčšie množstvo pórov, ale s menšou (bez rozpúšťadiel) alebo strednou veľkosťou (s rozpúšťadlami).

Zoznam použitej literatúry

- [1] MARKO, L.: *Architektonický betón*. Bratislava: Alfa, 1989. 312 s. ISBN 80-05-00137-1.
- [2] HELA, R. – NOVOSAD, P. – BALÁŽOVÁ, D.: *Pohľadový betón*. Bratislava: JAGA GROUP, s.r.o., 2015. 92 s. ISBN 978-80-8076-119-6.
- [3] SVOBODA, L. – BAŽANTOVÁ, Z. – MYŠKA, M. – NOVÁK, J. – TOBOLKA, Z. – VÁVRA, R. – VIMMROVÁ, A. – VÝBORNÝ, J.: *Stavebné materiály*. Bratislava: JAGA GROUP, s.r.o., 2005. 470 s. ISBN 80-8076-014-4.
- [4] OZKUL, T. – KUCUK, I.: Design and optimization of an instrument for measuring bughole rating of concrete surfaces. *Journal of the Franklin Institute*, 2011. Volume 348. Issue 7. p. 1377-1392. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfranklin.2010.04.004>.
- [5] BAJZA, A., ROUSEKOVÁ, I.: *Technológia betónu*. Bratislava: JAGA GROUP, s.r.o., 2006. 190 s. ISBN 80-80-76032-2.
- [6] COLLEPARDI, M.: *Moderní beton*. Preložil BÍLEK, V. – SZKLORZOVÁ, H. Praha: Informační centrum ČKAIT, s. r. o., 2009. 344 s. ISBN 978-80-87093-75-7.
- [7] NEUMANN, D. – WEINBRENNER, U. – HESTERMANN, U. – RONGEN, L.: *Stavebné konštrukcie I*. Preložila GÚZIKOVÁ, I. Bratislava: JAGA GROUP, s.r.o., 2005. 506 s. ISBN 80-8076-017-9.
- [8] STN EN 206+A2 Betón. Špecifikácia, vlastnosti, výroba a zhoda.
- [9] STN 73 1251 Navrhovanie konštrukcií z predpätého betónu.
- [10] ERMCO – Európska asociácia výrobcov transportbetónu: *Sprievodca technickými vlastnosťami betónu*. Bratislava: Slovenská asociácia výrobcov transportbetónu, 2006. 31 s.
- [11] HAVRAN, B.: *Chyby vznikajúce pri zhотовovaní pohľadového betónu*. Dostupné na internete: <https://www.asb.sk/stavebnictvo/zaklady-a-hruba-stavba/cement-beton/chyby-vznikajuce-pri-zhotovovanii-pohladoveho-betonu>. [cit. 2020-10-11].
- [12] STN EN 13670 Zhotovovanie betónových konštrukcií.

- [13] Zákon č. 50/1976 Zb. o územnom plánovaní a stavebnom poriadku (stavebný zákon) v znení neskorších predpisov.
- [14] HELA, R.: *Výroba pohľadového betónu*. Dostupné na internete: <https://www.asb.sk/stavebnictvo/zaklady-a-hrubá-stavba/cement-beton/vyroba-pohľadoveho-betonus>. [cit. 2020-10-11].
- [15] ŠTEGER, O. – POPENKOVÁ, M.: *Chyby vznikající při realizaci pohledového betonu*. Dostupné na internete: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/zaklady-a-hrubá-stavba/cement-a-beton/chyby-vznikajici-pri-realizaci-pohledoveho-betonu>. [cit. 2021-07-22].
- [16] *Defects in concrete structure with focus on identifying concrete cracks and how to fix them*. Brisbane: Waterstop Solutions, 2019. Issue 1. 24 p.
- [17] VAVRÍK, I.: Vplyv technológie pohľadového betónu na kvalitu jeho povrchu. In *Advances in Architectural, Civil and Environmental Engineering*. Bratislava: SPEKTRUM STU, 2020. s. 141-145. ISBN 978-80-227-5052-3.
- [18] JURÍČEK, I.: *TECHNOLÓGIA STAVIEB Hrubá stavba*. Bratislava: VYDAVATEĽSTVO EUROSTAV, spol. s r.o., 2018. 311 s. ISBN 978-80-89228-58-4.
- [19] GAIMSTER, R. – DIXON, N.: *Self-compacting concrete. Advanced Concrete Technology*, 2003. Volume 4. p. 1-23. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-075065686-3/50295-0>.
- [20] KENNEY, A. R. – FREEDMAN, S. – SHILSTONE, J. M.: *Architectural concrete*. Dostupné na internete: https://www.researchgate.net/publication/329139874_Architectural_concrete. [cit. 2021-07-25].
- [21] STN EN 12839 Betónové prefabrikáty. Prvky na ploty.
- [22] HELA, R. – ŠRŮMA, V. et al: *Technická pravidla ČBS 03 Pohľadový beton*. Praha: ČBS Servis, s. r. o., 2009. 60 s.
- [23] HUBER, H. et al: *Richtlinie Sichtbeton – Geschaltete Betonflächen*. Wien: Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik, 2009. 73 s.

- [24] Dostupné na internete: <https://www.baunetzwissen.de/beton/fachwissen/betonarten/sichtbeton-150990>. [cit. 2021-07-25].
- [25] *Sichtbeton. Merkblatt, Deutscher Beton- und Bautechnik - Verein.* Berlin: Bundesverband der Deutschen Zementindustrie, 2004.
- [26] Dostupné na internete: <https://www.transbeton.cz/produkty-a-sluzby/specialni-betony/pohledovy-beton>. [cit. 2021-07-22].
- [27] TSIMBALYUK, Y. – KARPOVA, E. – SEDOVA, A. – SKRIPKIUNAS, G.: Factors influencing the surface quality of architectural concrete. *Journal of Physics: Conference Series*, 2021. DOI: 10.1088/1742-6596/1926/1/012035.
- [28] BELMONTE, I. M. – SAORIN, F. J. B. – COSTA, C. P. – PAYA, M. V.: Quality of the surface finish of self-compacting concrete. *Journal of Building Engineering*, 2020. Volume 28. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.101068>.
- [29] Dostupné na internete: <https://www.zapa.cz/sites/default/files/2020-03/Technick%C3%BD%20list%20-%20ZAPA%20TOP.pdf>. [cit. 2021-07-25].
- [30] SAVUKAITIS, G. et al.: The influence of new and used formwork coated with different release agents on the appearance of the formed concrete surface. *Journal of Building Engineering*, 2021. Volume 42. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102807>.
- [31] WU, M. et al.: Material design and engineering application of Fair-faced self-compacting concrete. *Construction and Building Materials*, 2021. Volume 300. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123992>.
- [32] ASTEYAT, A. M. et al.: Case study on production of self compacting concrete using white cement by pass dust. *Case Studies in Construction Material*, 2018. Volume 32. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2018.e00190>.
- [33] PEREIRA, C. et al.: Probabilistic analysis of the durability of architectural concrete surfaces. *Applied Mathematical Modelling*, 2020. Volume 77. Part 1. p. 199-215. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apm.2019.07.031>.
- [34] *Reference Booklet: Fair-face concrete.* Weißenhorn: PERI GmbH, 2003. 88 p.
- [35] *Understanding the concreting results. Experience the fascination.* Amstetten: Doka GmbH, 2019. 34 p.

- [36] BLAZY, J. – BLAZY, R.: Polypropylene fibre reinforced concrete and its application in creating architectural forms of public spaces. *Case Studies in Construction Materials*, 2021. Volume 14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00549>.
- [37] COUTINHO, J. S.: The Effect of Controlled Permeability Formwork (CPF) on white concrete. *ACI Materials Journal*, 2001. Vol. 98. No. 2. p. 148-171.
- [38] PRICE, W. F.: Controlled Permeability Formwork. *CIRIA Report C511*, 2000. p. 102.
- [39] DUGGAN, T.: Enhancing Concrete Durability Using Controlled Permeability Formworks. *17th Conference on Our World in Concrete and Structures*, 1992. p. 57-62.
- [40] KLOVAS, A. et al.: The Distribution Analysis of Concrete Horizontal Surface Air Pores. *Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering*, 2013. No. 2 (3). p. 40-45. ISSN 2029-9990. DOI: <https://doi.org/10.5755/j01.sace.2.3.2789>.
- [41] KLOVAS, A. – DAUKŠYS, M.: The Evaluation Methods of Decorative Concrete Horizontal Surfaces Quality. *Materials Science*, 2013. Vol. 19. No. 3. p. 343-348. ISSN 1392-1320. DOI: <http://dx.doi.org/10.5755/j01.ms.19.3.2006>.
- [42] LIBESSART, L. et al.: Influence of the type of release oil on steel formwork corrosion and facing aesthetics. *Construction and Building Materials*, 2014. Volume 68. p. 391-401. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.06.065>.
- [43] MEGID, W. A. – KHAYAT, K. H.: Variations in surface quality of self-consolidation and highly workable concretes with formwork materials. *Construction and Building Materials*, 2020. Volume 238. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117638>.
- [44] LIBESSART, L. et al.: Correlation between adhesion energy of release agents on the formwork and demoulding performances. *Construction and Building Materials*, 2015. Volume 76. p. 130-139. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.11.061>.
- [45] GARG, S. et al.: Enhancement in the quality of near surface concrete using some formwork liners. *Construction and Building Materials*, 2019. Volume 207. p. 722-733. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.02.124>.

- [46] KLOVAS, A. – DAUKŠYS, M.: The influence of form release agent application to the quality of concrete surfaces. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/47/1/012061>.
- [47] KAMAS, T. – BISTÁK, A.: Pohľadový betón: Vplyv spracovateľnosti betónu a času zhotvovania na vzhľad povrchu. *Stavebné materiály*, 2019. roč. 15. č. 1. s. 40-42. ISSN 1336-7617.
- [48] Dostupné na internete: <https://www.cement.org/learn/concrete-technology/concrete-construction/bugholes>. [cit. 2021-07-27].
- [49] MEGID, W. A. – KHAYAT, K. H.: Effect of concrete rheological properties on quality of formed surfaces cast with self-consolidating concrete and superworkable concrete. *Cement and Concrete Composites*, 2018. Volume 93. p. 75-94. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2018.06.016>.
- [50] KWASNÝ, J. et al.: Influence of rheology on the quality of surface finish of cement-based mortars. *Construction and Building Materials*, 2015. Volume 89. p. 102-109. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.03.111>.
- [51] DAUKŠYS, M. et al.: Influence of different curing conditions on density and compressive strength of hardened concrete with various types of chemical admixtures. *Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering*, 2016. Vol. 14. No. 1. DOI: <https://doi.org/10.5755/j01.sace.14.1.14479>.
- [52] KAMAS, T. – BISTÁK, A.: Pohľadové betóny: Subjektívne verzus objektívne hodnotenie pórovitosti povrchu. *Betón 2019 – zborník príspevkov z celoštátej konferencie s medzinárodnou účasťou, Štrbské pleso*. Bratislava: Slovenská asociácia výrobcov transportbetónu, 2019.
- [53] DAUKŠYS, M. et al.: The influence of concrete mixture's rheological properties on the quality of formed concrete surfaces. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/246/1/012037>.
- [54] YAO, G. et al.: Deep-Learning-Based Bughole Detection for Concrete Surface Image. *Advances in Civil Engineering*, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2019/8582963>.

- [55] SUN, Y. et al.: Autonomous Crack and Bughole Detection for Concrete Surface Image Based on Deep Learning. *IEEE Access*, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3088292>.
- [56] WEI, W. et al.: Instance-level recognition and quantification for concrete surface bughole based on deep learning. *Automation in Construction*, 2019. Volume 107. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102920>.
- [57] LIU, B. – YANG, T.: Image analysis for detection of bugholes on concrete surface. *Construction and Building Materials*, 2017. Volume 137. p. 432-440. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.01.098>.
- [58] LEAMIRE, G. et al.: Evaluating concrete surfaces using an image analysis process. *Construction and Building Materials*, 2005. Volume 19. Issue 8. p. 604-611. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2005.01.025>.
- [59] KOCH, I.: *Pohľadové betóny v inžinierskom stavitelstve*. Bratislava: Doprastav, n.p., 1974. 25 s.
- [60] KOCH, I.: *Pohľadové betóny – Technologické predpisy*. Bratislava: Alfa, 1975. 56 s.
- [61] KAMAS, T. – BISTÁK, A.: Pohľadové betóny: Závislosť skladby betónu a typu debnenia – Experimentálne skúšky v laboratóriu. *Betón 2017 – zborník príspevkov z celostátejnej konferencie s medzinárodnou účasťou, Štrbské pleso*. Bratislava: Slovenská asociácia výrobcov transportbetónu, 2017. s. 134-138. ISBN 978-80-89682-13-3.
- [62] PETRÁČKOVÁ, V. – KRAUS, J. et al.: *Slovník cudzích slov (akademický)*. Bratislava: Slovenské pedagogické nakladatelstvo – Mladé letá, 2005. 1054 s. ISBN 80-10-00381-6.
- [63] *User Information. Formwork sheets*. Amstetten: Doka GmbH, 2022. 56 p.
- [64] Dostupné na internete: <https://www.doka.com/sk/system-groups/doka-system-components/formwork-sheets/multi-ply-formwork-sheets/Multi-ply-formwork-sheets> [cit. 2023-05-13].
- [65] Dostupné na internete: <https://shop.doka.com/shop/sk/sk/komponenty-a-prislusenstvo/viacvrstvove-dosky/c/00002> [cit. 2023-05-13].

::::: S T U

- [66] Dostupné na internete: <https://www.peri.sk/produkty/preglejky-a-debniace-dosky/debniace-dosky/3-s-pansels.html> [cit. 2023-05-13].
- [67] Dostupné na internete: <https://www.peri.sk/produkty/preglejky-a-debniace-dosky/debniace-dosky/finply-maxi.html> [cit. 2023-05-13].
- [68] Dostupné na internete: <https://www.doka.com/sk/system-groups/doka-system-components/release-agent/index> [cit. 2023-05-14].
- [69] Dostupné na internete: <https://www.peri.sk/produkty/release-agent.html> [cit. 2023-05-14].
- [70] STN EN 12350-2 Skúšanie čerstvého betónu. Časť 2: Skúška sadnutím.
- [71] Dostupné na internete: https://www.nene.sk/data/nene.sk/documents/Vzorkovnik-NCS_1515715182.pdf [cit. 2023-05-25].
- [72] Cenníkovej databáza spoločnosti CENEKON, a.s., verzia 2023/I v1.

Zoznam publikačnej činnosti

ADF Vedecké práce v ostatných domáčich časopisoch

- ADF01 BRIATKA, P. – VAVRÍK, I.: Samoošetrovanie betónu - primiešanými polymérmi. *Buildustry*, 2019. roč. 3. č. 2. s. 22-24. ISSN 2454-0382.
- ADF02 BRIATKA, P. – JANOTKA, I. – BRIATKOVÁ, J. – VAVRÍK, I.: Vnútorné ošetrovanie - čo hovorí DTA, TG a DSC?. *Buildustry*, 2020. roč. 4. č. 1. s. 28-30. ISSN 2454-0382.
- ADF03 BRIATKA, P. – BRIATKOVÁ, J. – VAVRÍK, I.: Vnútorné ošetrovanie - vývoj pevností. *Buildustry*, 2020. roč. 4. č. 2. s. 43-45. ISSN 2454-0382.
- ADF04 BRIATKA, P. – BRIATKOVÁ, J. – VAVRÍK, I.: Vnútorné ošetrovanie - vývoj pevností a objemových zmien. *Buildustry*, 2020. roč. 4. č. 2. s. 36-42. ISSN 2454-0382.

AFD Publikované príspevky na domácich vedeckých konferenciach

- AFD01 VAVRÍK, I.: Objektivizácia vstupných údajov pre návrh vežových žeriavov pri realizácii monolitických železobetónových konštrukcií. *CTM 2019 - Construction Technology and Management*. Brno: Tribun EU, 2019. s. 150-156. ISBN 978-80-263-1549-0.
- AFD02 VAVRÍK, I.: Vplyv technológie pohľadového betónu na kvalitu jeho povrchu. *Advances in Architectural, Civil and Environmental Engineering*. Bratislava: Spektrum STU, 2020. s. 141-145. ISBN 978-80-227-5052-3.
- AFD03 VAVRÍK, I. – MAKÝŠ, P.: Aspects of realization affecting the surface of fair-faced concrete. *CTM 2021 - Construction Technology and Management*. Brno: Tribun EU, 2021. s. 190-196. ISBN 978-80-263-1688-6.
- AFD04 VAVRÍK, I.: Vplyv technológie realizácie na výslednú kvalitu povrchu pohľadového betónu. *Advances in Architectural, Civil and Environmental Engineering*. Bratislava: Spektrum STU, 2021. s. 137-142. ISBN 978-80-227-5150-6.

- AFD05 BISTÁK, A. – HULÍNOVÁ, Z. – VAVRÍK, I. – ŠŤASTNÝ, P.: Aerial work with helicopters in the construction of cableways and their impact on the concrete mixture design. *Civil Engineering Conference (CEC 2022)*. Bristol: IOP Publishing, 2022. ISSN 1757-8981.
- AFD06 VAVRÍK, I.: Pôsobenie debnenia na vzhľad betónu. *Advances in Architectural, Civil and Environmental Engineering*. Bratislava: Spektrum STU, 2022. s. 119-125. ISBN 978-80-227-5251-0.

BAB Odborné knižné publikácie vydané v domácich vydavateľstvách

- BAB01 BRIATKOVÁ, J. – VAVRÍK, I. – BRIATKA, P.: *Vozovky: betónové a asfaltové s využitím výstužných mreží*. Prešov: D.A.H., 2020. 77 s. ISBN 978-80-89682-20-1.

BDE Odborné práce v ostatných zahraničných časopisoch

- BDE01 BRIATKA, P. – BRIATKOVÁ, J. – VAVRÍK, I.: Biele vane – kde sa robia chyby?. *Materiály pro stavbu*, 2020. roč. 26. č. 3. s. 12-15. ISSN 1213-0311.

BDF Odborné práce v ostatných domácich časopisoch

- BDF01 BRIATKA, P. – BRIATKOVÁ, J. – JAŠŠO, M. – VAVRÍK, I.: Návrh sanácie - vo všeobecnosti a na príklade. *Buildustry*, 2019. roč. 3. č. 2. s. 33-36. ISSN 2425-0382.
- BDF02 BRIATKA, P. – BRIATKOVÁ, J. – JAŠŠO, M. – VAVRÍK, I.: Betónové vozovky: časť 2: Valcovaný betón. *Eurostav*, 2020. roč. 26. č. 11. s. 38-41. ISSN 1335-1249.
- BDF03 BRIATKA, P. – BRIATKOVÁ, J. – VAVRÍK, I.: Biele vane – slabé stránky a skúsenosti. *Eurostav*, 2020. roč. 26. č. 3. s. 14-16. ISSN 1335-1249.
- BDF04 BRIATKA, P. – BRIATKOVÁ, J. – JAŠŠO, M. – VAVRÍK, I.: CB III: úvod a technológie kladenia. *Eurostav*, 2020. roč. 26. č. 10. s. 22-26. ISSN 1335-1249.

- BDF05 BRIATKA, P. – BRIATKOVÁ, J. – VAVRÍK, I.: Oprava výtlkov. *Stavebné materiály*, 2020. roč. 16. č. 1. s. 54-55. ISSN 1336-7617.
- BDF06 BRIATKA, P. – BRIATKOVÁ, J. – JAŠŠO, M. – VAVRÍK, I.: Betónové vozovky – 3: Asfaltocementové kryty vozoviek. *Eurostav*, 2021. roč. 27. č. 3. s. 44-47. ISSN 1335-1249.
- BDF07 VAVRÍK, I.: The most common defects of fair-faced concrete surface. *Almanach znalca*, 2021. roč. 21. č. 2. s. 19-21. ISSN 1336-3174.
- BDF08 VAVRÍK, I.: Consideration of construction site conditions when designing tower cranes. *Buildustry*, 2022. roč. 6. č. 2. s. 44-49. ISSN 2454-0382.
- BDF09 VAVRÍK, I.: Kritériá hodnotenia pohľadového betónu. *Almanach znalca*, 2022. roč. 22. č. 2. s. 15-17. ISSN 1336-3174.