



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNOLOGIE STAVEBNÍCH HMOT A DÍLCŮ

INSTITUTE OF TECHNOLOGY OF BUILDING MATERIALS AND COMPONENTS

**VLIV VLASTNOSTÍ VSTUPNÍCH MATERIÁLŮ
NA KVALITU ARCHITEKTONICKÝCH BETONŮ**

INFLUENCE OF INPUT MATERIALS FOR QUALITY ARCHITECTURAL CONCRETE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Veronika Ondryášová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. RUDOLF HELA, CSc.

BRNO 2018



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

STUDIJNÍ PROGRAM	N3607 Stavební inženýrství
TYP STUDIJNÍHO PROGRAMU	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
STUDIJNÍ OBOR	3607T020 Stavebně materiálové inženýrství
PRACOVISŤE	Ústav technologie stavebních hmot a dílců

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

DIPLOMANT	Bc. Veronika Ondryášová
NÁZEV	Vliv vlastností vstupních materiálů na kvalitu architektonických betonů
VEDOUCÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE	prof. Ing. Rudolf Hela, CSc.
DATUM ZADÁNÍ	31. 3. 2017
DATUM ODEVZDÁNÍ	12. 1. 2018

V Brně dne 31. 3. 2017

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Odborné zahraniční i tuzemské časopisy, sborníky z odborných symposií a konferencí, internetové zdroje odborných publikací z daného oboru.

Diplomové práce vypracované na ÚTHD FAST Brno v období 2012 – 2016.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ (ZADÁNÍ, CÍLE PRÁCE, POŽADOVANÉ VÝSTUPY)

Rozmach používání betonů pro vytváření finálních pohledových ploch různých stavebních konstrukcí nastal před cca 20 roky. V současnosti se objevují stále nové technologie vytvářející architektonický výraz povrchu betonu a samotní architekti a investoři vytvářejí stále přísnější kritéria pro posuzování kvality povrchů betonu.

Cílem diplomové práce bude popsat nejnovější technologie a postupy vytváření architektonických betonů, jako jsou grafické betony, průsvitné, probarvené betony, vymývané a vypalované povrchy, povrchy opracované či leptané kyselinou, nebo povrchy vytvářené pomocí reliéfních matric. K těmto variantám popsat technologické postupy a hlavně nároky na složení betonu. Zvláštní zřetel berte na způsob ukládání, zhutňování a případně ošetřování betonu. Popište požadavky na povrchy bednění a způsoby výběru a aplikace separačních prostředků. Porovnejte základní požadavky na kvalitu povrchů betonu deklarované v příslušných směrnících a dokumentech betonářsky vyspělých zemí.

Experimentální část bude zaměřena na vývoj vymývaných povrchů (grafické betony) s možností přímého nástřiku retardačních přísad na svislé povrchy bednění či s využitím savých vložek. Dále odzkoušejte možnosti vymývání povrchů do různých hloubek a lokální probarvování. Ověřte možnosti různých typů separačních prostředků, tloušťky aplikovaných vrstev a způsob nanášení na překližkové a ocelové bednění. Posuďte vlivy na pórovitost povrchů pomocí optické mikroskopie. Na čtyřech reprezentativních definovaných plochách betonu stanovte podíl plochy pórů v hodnotách 0,3, 0,6, 0,9 a 1,2 %. Navrhněte vhodné receptury betonů pro ukládání pomocí čerpání v konzistencích S3 a S4 (případně u SCC betonů v konzistencích SF2 a SF3) s maximálním zrnem kameniva 8 a 16 mm hlavně s ohledem na minimalizaci rizik segregace, bleedingu a vzniku pórů na povrchu betonů.

Rozsah min. 70 stran.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

.....
prof. Ing. Rudolf Hela, CSc.

Vedoucí diplomové práce

Abstrakt

Diplomová práce se zaměřuje na problematiku vlivu vlastností vstupních surovin pro výrobu kvalitních povrchů architektonických betonů. V úvodní části je popsána definice architektonického betonu a také výhody a nevýhody jeho realizace. V dalších kapitolách jsou uvedeny charakteristiky, dávkování či chemické složení vstupních materiálů. Kromě návrhu receptury je důležitým parametrem pro vytvoření kvalitního povrchu betonu zhutňování, precizní uložení do bednění a následné ošetřování povrchu. Popsány jsou také jednotlivé druhy architektonických betonů, jejich způsob vyrábění s uvedenými příklady na konkrétních realizovaných stavbách. V praktické části byly navrženy 4 receptury, kde se měnil druh nebo dávkování vstupních surovin. Při tvorbě receptur byl důraz kladen především na minimální segregaci čerstvého betonu a omezení vzniku pórů na povrchu ztvrdlého betonu.

Klíčová slova

Architektonický beton, vstupní suroviny, bednění, separační prostředky, cement, přísady, pigment.

Abstract

This diploma thesis focuses on the influence of properties of feedstocks for the production of quality surfaces of architectural concrete. The introductory part describes the definition of architectural concrete with the advantages and disadvantages of its implementation. In the following chapters, the characteristics, the dosage or the chemical composition of the input materials are given. Besides the design of the mixture, important parameters for the creation of a quality surface of concrete are compaction, precise placement in formwork and subsequent treatment of the surface. Individual types of architectural concrete, their method of production with the examples belonging to concrete constructions are also given. In the practical part, 4 mixtures were designed, whose type or dosage of feedstocks was changed. In creating mixtures, emphasis was placed on minimal segregation of fresh concrete and the formation of pores on the surface of hardened concrete.

Key words

Architectural concrete, input raw materials, formwork, separating agents, cement, additives, pigment

Bibliografická citace VŠKP

Bc. Veronika Ondryášová *Vliv vlastností vstupních materiálů na kvalitu architektonických betonů*. Brno, 2018. 100 s., Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie staveních hmot a dílců. Vedoucí práce prof. Ing. Rudolf Hela, CSc.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 12. 1. 2018

Bc. Veronika Ondryášová
autor práce

Poděkování

Ráda bych poděkovala prof. Ing. Rudolfu Helovi, CSc. za příkladné vedení mé diplomové práce. Mnohokrát děkuji Ing. Petru Novosadovi, Ph.D. za cenné rady, připomínky a náměty na psaní a tvorbu mé diplomové práce. Dále bych ráda poděkovala mému příteli a mé rodině za podporu, vstřícnost a pochopení.

OBSAH

1. ÚVOD	10
2. ARCHITEKTONICKÝ BETON	11
2.1. Definice	11
2.2. Výhody a nevýhody realizace architektonických betonů	11
3. POŽADAVKY NA VYTVÁŘENÍ ARCHITEKTONICKÝCH BETONŮ	12
3.1. Nároky na složení čerstvého betonu	12
3.2. Materiály pro výrobu architektonického betonu	13
3.2.1. Kamenivo	13
3.2.2. Cement	14
3.2.3. Voda	15
3.2.4. Příměsi	15
3.2.5. Přísady	16
3.3. Způsob ukládání čerstvého betonu	17
3.4. Zhutňování betonu	18
3.5. Ošetření betonu	19
3.6. Bednění	19
3.7. Separční prostředky	20
4. TECHNOLOGIE A POSTUPY VYTVÁŘENÍ NOVODOBÝCH ARCHITEKTONICKÝCH BETONŮ	21
4.1. Grafický beton	21
4.2. Beton s použitím průsvitných vláken	24
4.3. Probarvovaný beton	26
4.4. Vymývaný povrch betonu	28
4.5. Vypalovaný povrch betonu	29
4.6. Povrch betonu opracovaný či leptaný kyselinou	29
4.7. Povrch betonu vytvořený reliéfními matricemi	30
4.8. Individuální designové realizace architektonických betonů	31

5. CÍL PRÁCE	34
6. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	35
6.1. Metodika práce	35
6.2. Receptury	39
6.2.1. Receptura I	39
6.2.2. Receptura II	40
6.2.3. Receptura III	41
6.2.4. Receptura IV	42
6.3. Výsledky zkoušek čerstvého a ztvrdlého betonu	44
6.3.1. Konzistence čerstvého betonu	44
6.3.2. Objemová hmotnost čerstvého a ztvrdlého betonu	45
6.3.3. Pevnost v tlaku po 28 dnech	46
6.4. Zkoušení povrchů architektonických betonů	47
6.4.1. Grafický beton	47
6.4.1.1. Testování zpomalovačů tuhnutí	47
6.4.1.2. Savé vložky	54
6.4.1.2.1. Savé vložky z juty	54
6.4.1.2.2. Savé vložky z netkané textilie	57
6.4.1.2.3. Savé vložky z rouna	59
6.4.1.2.4. Savé vložky při betonáži ve vertikál. polohách	62
6.4.2. Vymývání povrchů do různých hloubek	65
6.4.3. Lokální probarvení	69
6.4.4. Zkouška separačních prostředků na různé typy bednicích desek	72
6.4.4.1. Separační prostředky pro bednicí desku bříza/topol	73
6.4.4.2. Separační prostředky pro bednicí desku ruská bříza	75
6.4.4.3. Separační prostředky pro bednicí desku čínský topol	78
6.4.4.4. Separační prostředky pro ocelovou bednicí desku	80
6.4.5 Podíl plochy pórů	84
7. ZÁVĚR	89
8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	92
9. SEZNAM OBRÁZKŮ	96
10. SEZNAM TABULEK	99
11. SEZNAM GRAFŮ	100

1. ÚVOD

Pro řadu lidí je beton chladný a nepřívětivý stavební materiál. Jak ale můžeme v dnešním moderním stavebním světě vidět, beton nám nabízí řadu technologických a konstrukčních možností. Ověřený návrh složení betonu a nové technologie umožňují architektům téměř nekonečné možnosti použití jak v interiérech, tak exteriérech budov. Širokou škálu můžeme najít v barevném provedení betonu, tvarové dispozici i finální povrchové úpravě. Nesmíme také zapomenout na jedinečné fyzikálně mechanické vlastnosti betonu, mezi které řadíme pevnost v tlaku, odolnost proti působení vnějších činitelů, mrazuvzdornost a další. Pokud, ale chceme vytvořit kvalitní dílo, musíme dodržovat vysoké nároky technických a estetických požadavků, které jsou na architektonické betony kladeny. Jedním z hlavních parametrů při výrobě architektonických betonů jsou především kvalitní a správně zvolené vstupní suroviny, vynikající kvalita kontaktní plochy bednění, vhodně zvolený kooperující separační prostředek a ukázněná technologie ukládání a ošetřování betonu.

2. ARCHITEKTONICKÝ BETON

2.1. Definice

Pojmem architektonický beton označujeme přiznané, viditelné plochy konstrukcí nebo dílců, na které jsou kladeny přísné technické požadavky a pravidla při jejich vytváření. Společnými charakteristickými znaky bývá tvar, barva nebo povrchová struktura výsledného díla. Tyto znaky se vytváří použitím nejrůznějších typů bednicích systémů, speciálních receptur betonu, používají se také speciální druhy finálních úprav na již provedeném betonovém povrchu. Jejich provedení se řídí dle předem dohodnutých technických požadavků, které se stanovují mezi architektem, projektantem a technologem betonu. Při správném technologickém postupu návrhu směsi, uložení a finální úpravě povrchu betonu můžeme docílit skvělých vizuálních výsledků. [1] [2] [3]

2.2. Výhody a nevýhody realizace architektonických betonů

Mezi největší přednosti architektonických betonů patří především různotvárnost. Díky speciálním druhům bednicích systémů může architekt či projektant navrhnout téměř jakýkoliv tvar konstrukce. V případě požadavků architekta, může být povrch betonu speciálně opracován a může mít i různě požadované barevné provedení (výhoda stálobarevnosti). Pokud při výrobě betonu budou dodrženy všechny předpisy a technologické postupy, dalšími výhodami budou dobré fyzikálně mechanické vlastnosti a trvanlivost.

Značnou nevýhodou je u těchto typů betonů především cena. Při použití speciálních druhů materiálů a bednicích systémů se může vyhoupnout i na několiknásobek ceny běžných typů betonu. Další nevýhodou je technologická nekázeň pracovníků. Pokud není dodržován přesný postup vytváření, výsledná kvalita betonu nemusí odpovídat návrhu. Problémy mohou také nastat například u změn v recepturách betonu při betonáži, mezi nejčastější chybu patří zvýšení obsahu vody pro dobrou zpracovatelnost. Konstrukce však může ztratit nejen požadovaný barevný odstín, ale na povrchu se může projevit zvýšený obsah pórů. [3]

3. POŽADAVKY NA VYTVÁŘENÍ ARCHITEKTONICKÝCH BETONŮ

3.1. Nároky na složení čerstvého betonu

Kvalita výsledného stavebního díla souvisí neodmyslitelně se složením betonu. Při hutnění nesmí beton segregovat ani sedimentovat, aby se dal dokonale zhutnit. Vlastnosti čerstvého betonu by neměly být měněny ani při dopravě či dalším zpracování. Každá změna vstupních materiálů a čerstvého betonu se obvykle projeví na změně vzhledu pohledových ploch.

Mezi další nároky na složení čerstvého betonu patří vhodně zvolená receptura, která

i při menších změnách kvality a množství vstupních materiálů a homogenity jejich zamíchání nevyvolávají změny vzhledu pohledových ploch. A to zejména složení betonu s použitím portlandských cementů, těžného kameniva a použití příměsí s hydrofobními vlastnostmi. Požadavkům rozhodně nevyhovují, jakkoliv upravené odpadní či recyklované vstupní složky betonu.

Náchylnost betonu k sedimentaci a odlučování vody můžou značně ovlivnit nasákové příměsi v receptuře. Při jejich výběru bychom měli používat příměsi s minimální nasákavostí. Obsah jemně mletých složek do 0,25 mm u vibrovaného betonu s maximálním zrnem kameniva 16 mm by včetně cementu proto neměl překročit hodnotu 550 kg.m⁻³. Pro pohledové plochy dílců ze samozhutnitelného betonu se maximální množství jemných částic pohybuje v rozmezí 600–650 kg.m⁻³.

Stanovení vodního součinitele pro architektonické betony by nemělo překročit hranici $w/c = 0,55$. Při kolísání hodnoty vodního součinitele $+0,02$ nebo $-0,02$ může docházet k viditelným odchylkám v barevném odstínu betonu. Kvalita vody může hrát při výrobě betonové směsi výraznou roli, proto je užití recyklované či kalové vody přísně zakázáno. Stejně tak je nepřijatelné používat již použitý recyklovaný beton. Obsah vody v čerstvém betonu je neodmyslitelně spojen s jeho konzistencí. Ta musí být stanovena před zahájením betonáže s ohledem na použitou technologii ukládání a hutnění. Odchylka od dohodnuté hodnoty konzistence by se při dodávce čerstvého betonu neměla lišit o ± 20 mm.

V místech navazování vrstev betonu je vhodné snížit obsah hrubých zrn ve směsi. Tímto opatřením je možno snížit odchylku v barvě sousedních vrstev. Objem cementové malty se zrna do 2 mm by měl dosáhnout alespoň 500 l.m⁻³.

Dodání čerstvého betonu na staveniště může být jedním z kritických faktorů realizace. S ohledem na příjezdové podmínky, na způsobu ukládání betonu a na velikosti stavby je nezbytné předem dohodnout časový sled dodávek čerstvého betonu.

Doba míchání betonové směsi by měla být minimálně jednu minutu pro zajištění kvality a stejnoměrné konzistence použitého čerstvého betonu. Kontrolu konzistence betonu je nutné provádět nejen v betonárně, ale také přímo na stavbě. V případě neschopnosti včasné dodávky, nízké kapacitě výroby betonu nebo poruchám je vhodné zajistit náhradního dodavatele.

Složení kameniva pro architektonické betony se provádí dle předepsaných křivek zrnitosti, od kterých by se neměl stanovený podíl kameniva v dané receptuře příliš lišit. Jemné podíly by se měly pohybovat okolo maximální hranice směrné křivky zrnitosti. U betonů s nízkým obsahem jemných podílů a při použití praného drobného kameniva se doporučuje provzdušnění maximálně do 4 %.

Pro co nejlepší barevný výsledek betonu je vhodné snížení záměsové vody na minimum. Konzistence čerstvého betonu je proto vhodné upravit přidáním superplastifikační přísady. Tato přísada by však měla být dávkována v omezené míře, jelikož voda odloučená z čerstvé směsi může vzlínat a snižovat výslednou kvalitu povrchu na kontaktní ploše bednění. Proto je vhodné předem ověřit chování betonu na referenčních plochách. [1] [4] [5] [29]

3.1. Materiály pro výrobu architektonického betonu

3.2.1. Kamenivo

Kamenivo je stěžejním materiálem každé betonové směsi. Požadavky na kvalitu, granulometrii i barvu kameniva jsou udávány jejich uložením v betonu. Zda budou uloženy pod vrstvou cementového tmele nebo jestli budou odkryty některou z technologie povrchových úprav.

Mezi hlavní požadavky kladené na kamenivo patří správná granulometrie, barevnost a čistota kameniva, tvarový index, nasákavost a mrazuvzdornost. Zvolený druh a vlastnosti kameniva jsou také dány tím, zda bude beton použit do interiérů či exteriérů budov.

Kamenivo pro architektonické betony rozdělujeme na základní a korekční. Pro základní kamenivo se nejčastěji používá kombinace drceného a těžného kameniva. Drcené kamenivo je charakteristické ostrohrannými zrny, která zaručují barevnou stálost, avšak při jejich použití musíme počítat s vyšší spotřebou cementu. U kameniva těžného je nevýhodou vyšší obsah drobných zrn. Tento typ kameniva je charakteristický zrny oválnými a má horší technologické vlastnosti a sklony k odlučování vody. Jako korekční kamenivo jsou použity jemné částice do velikosti 0,25 mm, a to především křemičité písky nebo fillery.

Kamenivo určené pro pohledové betony nesmí obsahovat látky, které ovlivňují výsledné vlastnosti materiálu. Tyto látky mohou nepříznivě ovlivnit pevnostní charakteristiky, tuhnutí a tvrdnutí cementového tmele, snižují soudržnost s ocelí nebo vyvolávají pnutí v betonu. Mezi zástupce patří například pyrit, který v kombinaci s vodou a vápnem tvoří hydroxid železnatý, který může negativně změnit barvu povrchu betonu. Mezi další nežádoucí látky řadíme slídu a měkkou křídu. Obsah jílu v architektonickém betonu by neměl přesáhnout 1 % hmotnosti jemného kameniva a 0,25 % hmotnosti hrubého kameniva. Nevhodné je také použití kameniva s obsahem železné rudy a zkamenělého dřeva, které opět způsobují barevné nesrovnalosti na plochách.

Vysoké nároky jsou kladeny také na dodání a skladovací prostory kameniva. V ideálních případech by měl být vybrán spolehlivý a kvalitní dodavatel. Do kameniva by se neměly během skladování dostat nečistoty a nemělo by být vystaveno přímým povětrnostním vlivům. [1] [5] [6] [31]

3.2.2. Cement

Pro výrobu architektonických betonů jsou standardně používány běžné portlandské cementy. Důraz při volbě druhu a typu cementu by měl být kladen především v rámci mineralogického složení, jemnosti mletí a co nejmenšího obsahu nežádoucích částic či sklonům k hrudkovitosti.

Barevný odstín je dán především mineralogickou skladbou cementu. Pro architektonické betony je doporučeno používat cementy od jednoho dodavatele a také stejné šarže pro co nejmenší barevné odlišnosti. Pro architektonické betony je často používán bílý cement, který se vyznačuje nízkým obsahem barvicích oxidů, a to především železitým a manganatým, které vznikají při mletí slínku. Bílý cement se dělí do 3 stupňů bělosti, které jsou srovnávány s ideální bělostí a koeficientem odrazu:

- 1.stupeň (80%)
- 2.stupeň (75%)
- 3. stupeň (68%)

Při výrobě architektonických betonů se využívá i barevných cementů. Tento speciální druh cementů je vyráběn přidáním zrněk práškového pigmentu k bílému cementu nebo výrobou z barevných slínek. [1] [7] [8] [32]

3.2.3. Voda

Voda pro výrobu čerstvé betonové směsi se dělí na vodu záměsovou a ošetřovací. Nadbytek záměsové vody zvyšuje pórovitost a zesvětluje odstín cementového tmele. Při úbytku záměsové vody je cementový tmel naopak hutný a tmavý. Pro záměsovou vodu by se měla používat pouze voda pitná a neměla by obsahovat stopy olejů, tuků a cukrů. Používání kalové či recyklované vody je při technologické výrobě nepřijatelné. Voda ošetřovací je používána pro udržení betonu ve vlhkém stavu při hydrataci cementu. Tato voda může být použita z vodovodního řádu formou proudu vody, kropením nebo mlhou. [1] [6] [8] [33]

3.2.4. Příměsi

Příměsi jsou anorganické práškové materiály, které jsou přidávány do čerstvého betonu pro zlepšení vlastností čerstvého nebo ztvrdlého betonu. Jako příměs označujeme takové materiály, které svou zrnitostí nepřekračují 0,125 mm. Přidávají se v množství, které pozitivně ovlivňuje betonovou směs. Příměsi rozdělujeme na dva typy. Prvním typem jsou inertní příměsi nebo také pasivní příměsi. Řadíme do nich například fillery, pigmenty nebo rozemleté horniny. Druhou skupinou jsou látky latentně hydraulické nebo také aktivní příměsi, do kterých spadají křemičité úlety a létavý elektrárenský popílek.

Největším zástupcem příměsí přidávaných do architektonických betonů jsou pigmenty neboli látky, které mají barvicí vlastnost. Princip spočívá v obalení zrněk cementu pigmentem, který způsobí jeho zbarvení. Zrnka pigmentu jsou totiž mnohem menší než částice cementu, proto se na ně snadno a rychle dokáží nabalit. Obecně můžeme pigmenty rozdělit do dvou skupin podle vzniku, a to na organické a anorganické pigmenty. Organické pigmenty jsou látky s nízkou barevnou stálostí a používané jsou především v interiérech budov, které nejsou vystaveny vnějším povětrnostním vlivům

nebo UV záření. Mezi tyto látky řadíme především ultramarín, ftalocyanin nebo uhlík. Anorganické pigmenty mají proti organickým pigmentům vyšší barevnou stálost a odolnost. Tato skupina příměsí je v největší míře zastoupena oxidy železa, najít ale můžeme i oxidy jiných anorganických sloučenin jako například manganu, kobaltu, chromu, manganu, titanu, hliníku či niklu. Pigmenty nemusí být pouze v práškové formě, ale existují také jejich tekuté či granulované podoby.

Pro kvalitní barevný odstín se do betonů přidává maximální množství pigmentu do 5 % z hmotnosti cementu. U práškových pigmentů by měla být brána zřetel na kvalitní a vhodné rozmíchání v čerstvé betonové směsi. Tekuté pigmenty mohou ovlivnit výslednou konzistenci čerstvého betonu, proto by se při návrhu receptury mělo redukovat množství záměsové vody. Pro zlepšení výsledného barevného efektu je vhodné při použití pigmentů použít zároveň i bílý cement. Ten způsobí jasnější barevný odstín betonu. [1] [7] [35]

3.2.5. Přísady

Přísady do betonů jsou chemické látky, které upravují některou z vlastností čerstvého nebo ztvrdlého betonu. Obecně je můžeme dělit podle druhů na přísady:

- plastifikační a superplastifikační
- zpomalovače tuhnutí či tvrdnutí
- urychlovače tuhnutí či tvrdnutí
- provzdušňující
- těsnící a hydrofobizační
- zpěňující
- stabilizační

Pro architektonické betony jsou nejvíce využívány plastifikační a superplastifikační přísady. Ty způsobují redukci vody v závislosti na chemickém složení a původu přísady. Redukcí vody a přidáním plastifikátorů dosáhneme zvýšení pevností a také lepších barevných odstínů v případě přidání pigmentů do receptury betonu. [1] [9] [34]

Tab. 1 Typy a dávkování plastifikačních přísad

Typ plastifikační přísady	Redukce vody	Dávkování [% z hmotnosti cementu]
Lignosulfáty s velmi nízkým obsahem sacharidů a povrchově aktivních činidel	10 %	0,2–1,0 %
Sulfonované soli polykondenzátů naftalenů a formaldehydů	15–60 %	0,6–1,6 %
Sulfonované soli polykondenzátů melaminu a formaldehydu	20 %	0,6–1,8 %
Vinylakrylátové kopolymery	30 %	0,6–2,0 %
Estery polykarboxylových kyselin	30 %	0,6–1,5 %

3.3. Způsob ukládání čerstvého betonu

Během výroby a ukládání architektonických betonů by se měla brát zřetel na několik podstatných dějů, které mohou ovlivnit vlastnosti čerstvé betonové směsi. Před dodáním požadované várky betonu by měl být stanoven jasný časový plán dodávky. Především je třeba dbát na čas transportu betonu, dobu míchání, ale také precizní uložení do bednění. Při betonáži a jejich přípravách by měla být brána zřetel na dopravní a meteorologické podmínky.

Prokazatelnou zkouškou konzistence by měla betonářská společnost deklarovat shodnost a kvalitu betonu na staveništi. Před začátkem betonáže musí být připraveno čisté bednění daného formátu, které je opatřeno vhodným separačním prostředkem. Pokud je součástí návrhu výztuž, měla by být uložena přesně a dle daného návrhu. Betonová směs se do takto připraveného bednění dopravuje pomocí rukávů či žlabů dle pokynů technologa. Směs by neměla být ukládána pádem z výšky. Plnění bednění musí probíhat konstantní rychlostí a bez časových prodlev. Při ukládání musí být směs konzistentní bez segregací. Během ukládání čerstvé betonové směsi se může vhodným a daným způsobem měnit konzistence betonu dle pokynů technologa. Tyto změny musí být koordinovány tak, aby nebyly narušeny vlastnosti betonu. Nejčastěji se přidává poměrné množství vody nebo superplastifikační přísada. [1] [36]

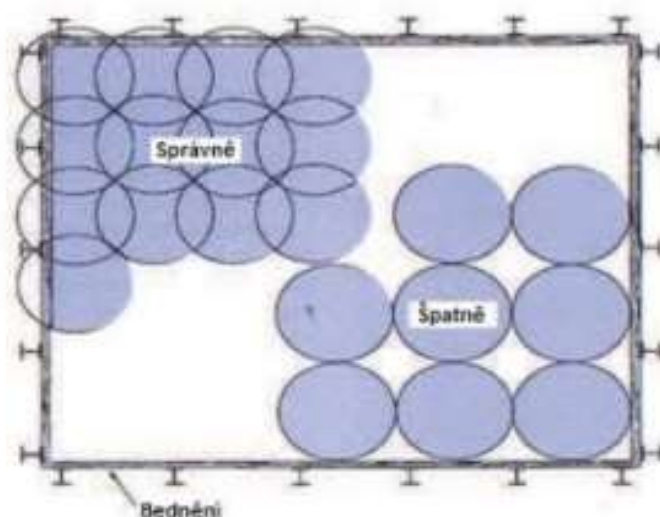
3.4. Zhutňování betonu

Hutnění je proces, při kterém dochází ke snížení vzduchových pórů v betonu, aby bylo docíleno co nejhutnějšího betonu. Hutnění čerstvé betonové směsi probíhá nejčastěji pomocí příložných, povrchových nebo ponorných vibrátorů. Před zahájením hutnění by opět dle pokynu technologa měla být zvolena daná amplituda vibrací, doba vibrování a typ vibrátoru.

Příložné vibrátory jsou charakteristické svým vysokým výkonem a univerzálností použití na staveništích. U jejich užívání se však požaduje dostatečná odolnost bednění. Vibrátor je totiž přímo umístěn na stěnu bednění. Příložnou vibraci dále dělíme na horizontální

a vertikální. Na stavbách je častěji používána právě horizontální vibrace. Nevýhodou těchto vibrátorů je velká hlučnost a rychlé opotřebení bednění.

Využití povrchové vibrace při výrobě architektonických betonů není příliš rozšířeno. Tyto vibrátory mají schopnost vibrace pouze do hloubky 200 mm a je nutná ruční obsluha. Ponorný vibrátor vyniká svým vibračním účinkem přímo v čerstvém betonu. Pro tento druh vibrátoru je nutná především vhodná konzistence betonu, která by neměla být příliš hutná. Výhodami tohoto typu vibrátoru jsou především nízká hlučnost a skvělá vibrační schopnost uvnitř betonové směsi. [1] [30] [36]



Obr. 1 Hutnění betonové směsi ponorným vibrátorem

3.5. Ošetření betonu

Pro kvalitní a přesné plochy architektonického betonu je důležitým parametrem vhodné a včasné ošetření povrchu betonu. Pro musí být ihned po odbednění opatřen speciálními povrchovými prostředky, které se nanášejí v několika vrstvách a zabraňují opotřebení a chrání beton před povětrnostními vlivy a UV zářením.

Nutno je také při ošetřování betonu dbát na místa, kdy mohl z bednění uniknout cementový tmel nebo beton mohl získat nežádoucí odstín po styku s výztuží. Takto znečištěná místa nebo nežádoucí plochy by měly být ihned po zjištění upraveny a vady co nejdříve odstraněny. [1] [37]

3.6. Bednění

Bednění je dočasná konstrukce, která vytváří formu pro uložení, hutnění a následné ztvrdnutí čerstvé betonové směsi. Tato konstrukce udává budoucí tvar nebo povrch betonu. Základními a důležitými předpoklady je tuhost, těsnost a čistota bednění. Je také důležité, aby bednění bylo schopno snášet tlaky při plnění čerstvé směsi a neměnilo svůj tvar. Před betonáží je nutno zajistit správné uchycení a sepnutí desek bednění bez větších rovinných nesrovnalostí. Bednění jako takové se skládá z kontaktní plochy bednění a nosné bednicí konstrukce. Tato konstrukce, materiál i způsob provádění betonáže by měl být předem dohodnut mezi projektantem a architektem a důkladně zakreslen do technické dokumentace projektu [1] [29]

Bednicí systémy můžeme rozdělit do tří základních skupin:

- rámové bednění
- nosníkové bednění
- individuální bednění

Rámové bednění je nejpoužívanějším druhem bednění. Tento druh bednění je výhodný především díky rychlému a přesnému sestavení, variabilitě provedení a také ceně. Bednění se skládá z rámových panelů, které se ukládají v požadovaných rozměrech a počtem spár. Obrys bednění se otiskne do plochy betonu.

Nosníkové bednění se skládá z kontaktní bednicí plochy, nosníků a opěrného systému pro bednění. Betonová směs je plněna do předem dané výšky. Předem jsou také stanoveny kotevní otvory a spáry.

Bednicí deska může mít vzorovaný i hladký povrch. Tento bednicí systém je časově náročnější na provedení a také je cenově dražší.

Individuální bednění je specifické svým tvarem, způsobem sestavení nebo druhem materiálu ze kterého je vytvořeno. Bývá používáno pro speciální druhy staveb nebo tvaru konstrukce dle přání architekta. Ze všech tří druhů bednění je náročné nejen časovým provedením, ale také vysokou cenou.

Nejdůležitější částí bednění je bednicí deska, která udává výsledný povrch či tvar povrchu betonu. Jednou z důležitých vlastností bednicích desek je nasákavost povrchu. Ta je závislá především na materiálu, ze kterého je vyrobena. Při použití nasákavých materiálů jako je dřevo můžeme pozitivně snížit póry na povrchu betonu a otisknout vzor dřeva. Naopak při použití materiálů nenasákavých můžeme dosáhnout přesného hladkého povrchu, ale s možností a sklonem k pórovitosti.

3.7. Separační prostředky

Separační prostředek je chemická látka, která se nanáší na stěny bednění pro zamezení přilnavosti čerstvé betonové směsi a stěny bednění a usnadňuje tak proces odbedňování. Dále vytváří ochranný film, který je schopen odpuzovat vodu a zajišťuje požadovanou kvalitu povrchu betonu. Bednění samotné chrání proti vzniku koroze a opotřebení.

Samotné separační prostředky se dají rozdělit z pravidla dle jejich typu, způsobu nanášení či požadovaných teplot nanášení. Každý separační prostředek se skládá ze tří složek, a to separačních složek (oleje, vosky), rozpouštědel (na bázi vody či organické) a pomocných látek (inhibitorů koroze, emulgátorů, smáčedel). Při volbě vhodného separačního prostředku je nutno brát zřetel především na typ bednění. Dalším nutným předpokladem je čistota bednění, možnost odvětrávání či důraz na životní prostředí. [1]
[9]

Tab. 2 Typy, dávkování a nanášení separačních prostředků

Druh separačního prostředku	Původ, složení	Teplota nanášení [°C]	Styl nanášení	Spotřeba [m ² /l]	
				ocel	dřevo
Minerální oleje	produkty destilace ropy	do 80	nástřík na vyhřívanou formu	100	80
Parafínové oleje	čisté frakce olejů	do 80	vysokotlaký postřikovač	100	80
Syntetické oleje	čisté oleje upravené chemicky	do 80	postřikovač stěrka	50	50
Rostlinné oleje	čisté rostlinné produkty	do 70	stěrka	80	60
Vodní emulze	oleje ve vodní suspenzi	do 80	postřikovač	40	30
Vosky a pasty	na bázi parafinů a vosků	do 60	bavlněný hadr, čistící houbička	25	25

4. TECHNOLOGIE A POSTUPY VYTVÁŘENÍ NOVODOBÝCH ARCHITEKTONICKÝCH BETONŮ

4.1. Grafický beton

Technologie výroby grafického betonu poskytuje širokou škálu možností výroby vysoce kvalitních vzorovaných a probarvovaných betonových povrchů. Jsou využívány především při tvorbách podlah, fasád, či zdí interiérů i exteriérů budov. Tato technologie je vyvinuta pro prefabrikovaný systém průmyslové výroby. Vzor vznikající na povrchu betonové plochy je kontrastem mezi hladkým povrchem a odhaleným jemnozrnným kamenivem. Pro tento druh betonu se může využít nejrůznějších typu cementů i barevného kameniva pro zlepšení výsledného požadovaného povrchu.

Prvním krokem technologického postupu je nanesení zpomalovače tuhnutí na tuhou nepropustnou membránu. Nanášení může být provedeno pomocí bodové tiskové metody nebo ručně pomocí štětce. Poté je membrána pečlivě a přesně uložena do připraveného bednění. Zpomalovač tuhnutí, který je nanesen na membránu, směřuje vzhůru. Následuje pozvolné plnění čerstvou betonovou směsí. Hutnění probíhá pomocí ponorných vibrátorů, které však nesmí přijít do styku s bedněním. Poté se takto vyrobený prefabrikovaný dílec ponechá 24 hodin zatvrdnout. Takto připravený dílec se zdvihne z horizontální do vertikální polohy a pomalým strhnutím se z povrchu odstraní membrána. Následně se povrch vymyje vodním paprskem. Povrch cementového tmele, který je stále v čerstvém stavu je vymyt proudem vody a tvoří výsledný vizuální efekt, který je způsoben rozdílnou hloubkou vymytí.

Na povrchu grafických betonů mohou být vytvořeny téměř jakékoliv vzory. Limitující může být pouze rozměr prefabrikovaného dílce, který měří maximálně 3100 mm a také hloubka vymytí cementového tmele, která se pohybuje v rozmezí 0,5 – 3 mm.

Grafický beton je šetrný k životnímu prostředí. Používané membrány neobsahují žádné nebezpečné látky po použití mohou být znovu recyklovány.

Výsledný betonový povrch je prakticky bezúdržbový. Výhodou jsou tedy minimální náklady pro údržbu po dobu jeho životnosti. Povrch může být opatřen speciálními impregnačními a ochrannými prostředky. Grafický beton má všechny vlastnosti, jako beton samotný, takže neovlivňuje jeho trvanlivost. Pokud beton nebude vystaven nadměrnému mechanickému zatížení, bude povrch stálobarevný a bez znehodnocení vzoru. Vše ale také závisí na vlastnostech a kvalitě zvolených vstupních materiálů při tvorbě betonové směsi.

Pro příklad využití grafického betonu v praxi je Kaple svatého Opedale Giovanniho XXIII v Itálii. Kaple je součástí nemocnice svatého Jana XXII. Byla navržena francouzským architektem Aymericem Zublenou spolu s italskými architekty Pippem a Ferdinandem Traversim. Kaple vytváří svým jedinečným designem a provedením krásný prostor pro modlitbu. V interiéru je použita materiálová kombinace světlého dřeva, pohledového betonu a skleněných okenních výplní. Celá myšlenka vytvoření prostoru vyšla z inspirace Edenovou zahradou, místa plného květin a rostlin. Při pobytu v této kapli si návštěvníci přijde jako v opravdové zahradě. Jemný květinový vzor na stěnách, teplé dřevo a světlo propouštějící kulaté průzory vytváří krásný a moderní prostor. [13] [14] [15]



Obr. 2 Interiér kaple svatého Opedale Giovanniho XXIII



Obr. 3 Čelní pohled kaple

4.2. Beton s použitím průsvitných vláken

Průsvitný beton je speciální stavební materiál s vlastností propouštět světlo nahrazením agregátů průhlednými alternativními materiály jako jsou například optická vlákna. Světlo je vedeno z přírodních nebo umělých zdrojů přes panel průsvitného betonu například do prostor, který nemůže být přímo osvětlen.

Receptury se mohou lišit poměrem, vlastnostmi a typem zvolených materiálů. Jednou z možností výroby průsvitných betonů je kombinací optických vláken a jemného betonu, který neobsahuje hrubozrnné kamenivo. U těchto druhů betonů není vyžadován speciální druh betonu, takže receptura může být navržena s běžným portlandským cementem. Velikost jemných částic nesmí překročit hranici 1,18 mm. Jemný písek také nesmí obsahovat nečistoty či stopy vegetace. Voda, používaná pro tento druh betonu musí splňovat kvalitu vody z běžného vodovodního řádu. Optická vlákna jsou do betonu přidávána objemově, a to v hodnotách do 5 % z hmotnosti kameniva a v tloušťkách 2 μm a 2 mm, aby vyhovovala požadavkům na přenos světla materiálem.

Pevnost v tlaku u těchto druhů betonů se pohybuje kolem 70 MPa. Kromě optických vláken však mohou být použity i kusy skla či plastu. Tento druh optických alternativ je vhodný v kombinacích s pojivem transparentních lepidel či pryskyřic, které dokáží umocnit průchod světla materiálem. Další recepturou vyráběných průsvitných betonů je kombinace bílého křemičitého písku, bílého portlandského cementu a krátkých skelných vláken. Tato receptura umožňuje tvorbu tenkostěnných prvků, které mají výborné mechanické a fyzikální vlastnosti.

Hlavními přednostmi tohoto druhu betonu patří úspora energie v použitých objektech. Díky použití průsvitných betonových panelů snižujeme požadavky na osvětlení budovy. V severních zemích je tento druh betonu využíván i jako přenos tepla slunečním světlem pro lepší tepelnou pohodu.

Značnou nevýhodou těchto druhů betonů je křehkost, takže nemohou být v zásadě užívány jako konstrukční materiál. V případě zesílení vláken by se zásadně zvýšila pevnost jako v tlaku tak v tahu betonu. Na druhou stranu by se však negativně projevila cenou.

Jednou z nejnovějších a zároveň nejunikátnějších staveb současnosti v oblasti průsvitného betonu je mešita Al Aziz v Abu Dhabi. Stavba má celkem 3 podlaží s celkovou rozlohou 5100 m² a místo pro více než 2000 modlících se osob. Na stavbu mešity byla použita exteriérová fasáda LUCEM, která se skládá z 207 prvků, každý o

rozměru

1800 × 1400 × 40 mm. Každý panel je unikátně popsán božími jmény z Koránu. Nápisy byly tvořeny pomocí CAD systému, do kterého překresloval jména z koránu zkušený kaligraf. Při výrobě se také pečlivě musely dodržovat předpisy specifické pro sakrální stavby. Barva betonových panelů je v odstínu pískové krémové barvy, aby co nejlépe splynula s prostředím. Technologie betonu je speciálně vyvinuta pro extrémní podmínky pouštních povětrnostních vlivů. Výroba panelů probíhala v Německu a panely byly vytvořeny tak, aby písmena vytvořena optickými vlákny v požadovaném rozložení vystupovaly 30 mm nad povrch plochy betonu. [16] [17] [18]



Obr. 4 Pohled na fasádní bloky mešity Al Aziz



Obr. 5 Mešita Al Aziz

4.3. Probarvovaný beton

Pigmenty pro probarvované betony mají mnoho různých forem a kompozic, které mohou být použity v různých typech architektonických betonů. Pigmenty můžeme rozdělit do dvou kategorií, a to pigmenty přírodní, které jsou těženy ze země a pigmenty, které jsou vyráběny ve formě prášků, kapalin nebo granulí v chemických závodech. Podstata barvení cementu vychází z rozdílného poměru velikostí zrn vstupujících materiálů. Částice oxidu železa, které pigmenty obsahují je totiž 10krát menší než částice cementu. Když se tedy do směsí, které obsahují cement přidá pigmentová složka, její částičky se snadno a rychle nabalí na zrna cementu. Z tohoto důvodu je dávkování pigmentů vždy vztaženo k hmotnosti cementu.

Jedním z nejdůležitějších faktorů, které ovlivňují barevný odstín betonu je poměr vody a cementu. Pokud tedy do čerstvé betonové směsi přidáme velké množství vody, můžeme zesvětlit výsledný barevný odstín. Pokud se například při dovážce čerstvého betonu zvýšil obsah vody, může technolog pomocí jemných korektur přidat práškový pigment přímo do čerstvé betonové směsi na staveništi. Voda by se ve velké míře neměla používat ani při ošetřování architektonických betonů nebo při betonážích v horkém počasí. Do betonových směsí by měly být přidávány regulátory odpaření povrchové vody, které zpomalují hydrataci tuhnutí a umožňují tak pigmentům řádně reagovat s cementem.

Dalším klíčovým faktorem při výrobě probarvovaných betonů je použití vhodného typu cementu. Pokud je ke klasickému odstínu šedé cementové barvy přidán pigment, výsledná barva je zpravidla tmavší. Pokud chceme dosáhnout jasných světlých odstínů, je vhodné využít pro kompozici receptur bílý cement, který barvy rozjasní. Důležité je také zvolit stejného dodavatele a ideálně i stejnou šarži cementu. Takto by se mělo postupovat i při výběru betonárny, která by neměla být zaměněna během betonáží.

Barevné nesrovnalosti mohou vzniknout i u nesprávně ošetřovaného povrchu po betonáži. Je důležité kontrolovat povrchové trhliny i smršťení, které mohou ovlivnit i výsledné pevnosti betonu.

Odstraňování nečistot z povrchu betonu je prováděno pomocí speciálních fólií, na které jsou nanášeny aplikátory a tónovací těsnící prostředky, které mohou obnovit vybledlé barevné odstíny a dodat povrchu lesk. Těsnící prostředky jsou na bázi vody či rozpouštědlech. Další ošetřovací prostředky mohou být akrylové barvy na vodní bázi, které pronikají do povrchu poškozeného betonu. Poslední a také nejnákladnější metoda je použití polymerem modifikovaných tenkých vrstev, které tvoří mikro tenké záplaty. Ty

jsou odolné proti mrazu, UV záření i nečistotám a jsou snadno a téměř s minimální přípravou aplikovatelné.

Technologií probarvovaných betonů byl postaven například fotbalový FNB stadion pro fotbalové mistrovství světa v roce 2010 v jihoafrickém Johannesburgu. Celá stavba je svým charakteristickým tvarem inspirována tradičním africkým hrncem. Barevná koncepce je složena z typických afrických barev. Fasádní prvky byly vyrobeny z vláknocementových panelů, které byly díky přirozeným a kvalitním materiálům vyráběny přímo v místě výstavby. Dále byly probarvovány pigmenty a jednotlivé segmenty byly usazovány jako ochranný obal na fasádu stadionu. [19] [20] [22]



Obr. 6 Pohled na barevnou fasádu FNB stadionu



Obr.7 Pohled na FNB stadion

4.4. Vymývaný povrch betonu

Technologie výroby tohoto druhu architektonických betonů spočívá v odhalení kameniva betonu. Existují různé způsoby, jak odkrýt betonový povrch v závislosti na použitém kamenivu či návrhu projektanta. Základní princip spočívá v odebrání cementového tmele z povrchu betonu, který částečně odhalí kamenivo.

Jedním ze způsobů výroby vymývaných povrchů je kartáčování a mytí povrchu. Tato metoda spočívá ve vymytí cementového tmele pomocí vody a brusných či kartáčových soustav, nejčastěji z nylonu, která se vymývá do požadované hloubky. Načasování je pro tento druh opracování povrchu náročné, jelikož je nesnadné odhadnout kritickou dobu tuhnutí. Tato metoda se doporučuje pro menší povrchy a také by měla být odzkoušena nejdříve na reprezentativních plochách.

Dalším způsobem úpravy povrchu je použití zpomalovače tuhnutí. Tyto zpomalovače zastaví proces tuhnutí betonu. Po 8 až 24 hodinách se povrch vystaví proudu vodního paprsku, který odstraní nezhydratovaný cementový tmel. Po vytvrzení je možné kamenivo v betonu vystavit abrazivnímu otryskání, jako například pískování nebo broušení. Nevýhodou tohoto způsobu je možnost poškození kameniva, které se během vymývání může znehodnotit. Metoda není vhodná pro kamenivo, od kterého očekáváme tvarovou a barevnou stálost. [21]



Obr. 8 Vymývaný betonový povrch

4.5 Vypalovaný povrch betonu

Vypalované betonové povrchy jsou jednou z dalších metod pro úpravu architektonických betonů. Tato metoda zatím nebyla aplikována na mnoha konstrukcích a její provádění je specifické a náročné.

Metoda spočívá v opalování povrchu ztvrdlého betonu pomocí speciálních hořáků. Ty se nasměrují na povrch a díky vysokým teplotami vznikající mezi plamenem a betonem tento povrch zdrsňují. Účinná vzdálenost mezi hořákem a povrchem betonu je přibližně 200 mm. [2]

4.6. Povrch betonu opracovaný či leptaný kyselinou

Kyselé barvení neprobíhá pomocí barvicích nebo pigmentových systémů, ale je založeno na bázi chemické reakce. Na povrch betonové konstrukce se aplikuje směs vody, minerálních solí a nepatrné množství muratické kyseliny, například kyseliny chlorovodíkové, chloridů železa nebo hydrogenuhlíčitanu sodného. Tento roztok aktivuje minerály v betonu, především vápenec. Během několika hodin se na povrchu betonu vytvoří nové barevné odstíny. Povrch je následně vyčištěn od zbytků kyseliny neutralizačním roztokem čpavku, aby se povrchu betonu vrátilo přirozené pH. Kyselé barvení dává

povrchu jedinečný vzhled. Průnik barvy se pohybuje od 0,8 do 1,5 mm. Na povrchu vzniká pestrý a barevný vzor, který může být i skvrnitý. Reakce starších povrchů exteriérů nemusí probíhat stejně dobře jako v interiérech, protože venkovní plochy jsou náchylnější k odloučení potřebných minerálů k reakci s kyselinou.

Leptání povrchu betonu můžeme dosáhnout také na bázi vodných roztoků. Jsou podobné kyselinovým skvrnám, protože dokáží dosáhnout průsvitného efektu. Hlavní rozdíl však spočívá v tom, že kyselé skvrny reagují s betonem a mění jeho fyzikální složení. Vodnaté skvrny mají povlakový charakter, který se spojí s betonem. Existuje několik variant, které se v současnosti dostávají do betonářského a dekorativního průmyslu. Vodní barvy mohou být na bázi polymerových, akrylových nebo epoxidových barev. [23]



Obr. 9 Povrch betonu leptaný kyselinou

4.7. Povrch betonu vytvořený reliéfními matricemi

Beton lze vytvářet v jedinečných detailech díky použití reliéfních matric. Reliéfní matrice jsou vyráběny především z plastů, elastomerů nebo speciálních druhů pryží. Výhodou použití těchto matric je především jedinečný tvar povrchu betonu a také možnost k opětovnému využití pro další konstrukce. Matrice jsou vkládány do bednění

nebo jsou přímo součástí bednění. Do takto připraveného bednění se následně uloží čerstvá betonová směs, která kopíruje požadovaný reliéf matrice. Vzory takovýchto matic mohou mít jakýkoliv tvar či strukturu. Mohou svým vzhledem například napodobit jiné stavební materiály jako dřevo nebo cihly. [24]



Obr. 10 Povrchy betonu vytvořené pomocí reliéfních matic

4.8. Individuální designové realizace architektonických betonů

Architektonický beton má široké pole uplatnění. Díky skvělým vlastnostem a jednoduchému použití betonu můžeme vytvářet konstrukce nejrozmanitějších tvarů, barev či provedení. Architektonický beton není pouze materiál pro velké stavby Jeho využití můžeme nalézt i v drobných prvcích interiérového designu.

Současné trendy moderních prostor občanských či bytových staveb představují beton jako hravý a designově výjimečný materiál. Jednoduchým a krásným prvkem v interiéru bývají často opěrné nebo dekorativní provedení stěn. V kuchyních se beton nejvíce uplatňuje jako materiál pro kvalitní a odolné pracovní desky či dřezy. Koupelnové

studia nabízí nejrůznější škály provedení jak umyvadel či zapuštěných van, tak například doplňků, jako jsou rámy zrcadel nebo jednoduché a vkusné poličky. Moderní rozlehlé obývací pokoje jsou často doplňovány prvky jako betonová stínidla lamp, konferenční a jídelní stoly či vázy nebo mísy.

Architektonický beton může nacházet uplatnění například ve výrobě drobných designových prvků, jako jsou betonové květináče, stojany na svíčky nebo vonné tyčinky, stojany na víno či časopisy, ale také rámy obrazů. V současné době je možné na trhu nalézt také nejrůznější řady elektronických zařízení v betonovém provedení. Mezi ně patří například kávovary, reproduktory, obaly na telefony a další. Populární jsou například také betonové šperky, hodinky nebo dokonce oblečení. [25] [26] [27] [28]



Obr. 11 Kuchyň s betonovými prvky



Obr. 12 Betonová stínidla lamp



Obr. 13 Betonové vázy



Obr. 14 Betonový stojan

5. CÍL PRÁCE

Studium architektonických betonů nabízí stále nové a zlepšující se možnosti realizací betonových konstrukcí a prvků.

V praktické části byly navrženy receptury betonu, u kterých byl kladen důraz především na výběr vhodných a kvalitních vstupních surovin. Tyto receptury se od sebe lišily druhem a dávkováním jednotlivých surovin. Důležitým parametrem výroby byla konzistence čerstvé betonové směsi bez sklonu k segregaci, bleedingu a minimální obsahu pórů na povrchu ztvrdlého betonu. Betonáž probíhala v horizontálních i vertikálních polohách.

V rámci fyzikálně mechanických zkoušek byly stanoveny zkoušky konzistence čerstvého betonu, dále objemová hmotnost čerstvého a ztvrdlého betonu a také pevnost v tlaku po 28 dnech.

Kromě normových zkoušek byly provedeny také nenormové zkoušky pro architektonické betony. První kapitola této části byla věnována grafickému betonu. Testovány byly různé typy zpomalovačů tuhnutí pro horizontální i vertikální způsoby betonáže. Dalším možným využitím pro grafické betony bylo testování savých vložek, které byly vkládány do bednění. V rámci výroby grafických betonů byla vytvořena tělesa s různými grafickým vzory, u kterých bylo stanoveno posouzení účinnosti vybraných zpomalovačů tuhnutí. Další část experimentu se věnovala vymývaným povrchům do různých hloubek a také byla testována možnost lokálního probarvení. Odkoušeny byly také různé druhy separačních prostředků, jejich nanášení a tloušťka vrstev pro překližkové a ocelové bednění. Závěrečná kapitola experimentu je věnována vlivu pórovitosti, která byla vyhodnocena pomocí optické mikroskopie a výsledky byly zařazeny do příslušné kategorie pórovitosti betonu.

6. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

6.1. Metodika práce

Vstupní suroviny byly naváženy a v požadovaném množství postupně dávkovány do bubnové horizontální míchačky Coufal s nuceným oběhem. Nejdříve bylo homogenizováno kamenivo všech frakcí. Poté byl ke kamenivu přidán cement. Kamenivo s cementem bylo důkladně homogenizováno po dobu 60 sekund. Do míchačky byla dále přidána voda s plastifikační přísadou. Další cyklus homogenizace probíhal po dobu 60 sekund.

Pro výrobu zkušebních těles byly použity horizontální formy $300 \times 300 \times 60$ mm, vertikální formy $300 \times 400 \times 50$ mm a krychle $150 \times 150 \times 150$ mm. Formy byly plněny čerstvou betonovou směsí ve dvou vrstvách a hutněny po dobu 10 vteřin na vibračním stole s horizontální vibrací. Takto připravená tělesa byla uložena po dobu 24 hodin v laboratorním prostředí při teplotě 20 ± 5 °C a relativní vlhkosti 40–60 % a následně uložena do vodního uložení.

Pro stanovení fyzikálně mechanických vlastností betonu bylo provedeno stanovení zkoušek na čerstvém a ztvrdlém betonu. První zkouškou stanovení konzistence byla zkouška sednutí kužele podle normy ČSN EN 12350–2, Zkoušení čerstvého betonu – část 2: Zkouška sednutím [38]. Abramsův kužel s průměrem dolní základny (200 ± 2) mm, průměrem horní základny (100 ± 2) mm a výškou (300 ± 2) mm se navlhčí a uloží na podkladní desku. Forma se přišlápne pomocí dvou příložek. Na kužel se umístí násypka, kterou plníme kužel ve 3 vrstvách vždy o $1/3$ výšky kužele, přičemž každou vrstvu hutníme 25 vpichy pomocí propichovací tyče. Poté opatrně odstraníme násypku, povrch zarovnáme zároveň s horní hranou kužele a odstraníme přebytečný beton z podkladní desky. Kužel zvedneme během 3 až 5 sekund plynulým pohybem vzhůru. Výsledkem zkoušky je rozdíl výšky Abramsova kužele a nejvyšší vrchol čerstvého betonu, který zaokrouhlíme na nejbližších 10 mm.

Další zkouškou stanovení konzistence byla zkouška rozlitím podle ČSN EN 12350–5 – Zkoušení čerstvého betonu – část 5: Zkouška rozlitím [39]. Forma s dolním průměrem základny (200 ± 2) mm, průměrem horní základny (130 ± 2) mm a výškou (200 ± 2) mm se navlhčí, uloží na střed střešovacího stolku a přišlápne. Forma se naplní ve dvou vrstvách pomocí lopatky vždy o $1/2$ výšky formy, přičemž se každá vrstva hutní dusadlem 10 rázy. Vrstva se zarovná s horní hranou kužele a následně se forma zvedne tahem vzhůru. Deska střešovacího stolku se zvedne a nechá volně spadnout. Vše opakujeme

15 krát. Po rozlítí betonové směsi měříme jeho dva největší kolmé rozměry a výsledek zaokrouhlíme na nejbližších 10 mm.

Poslední zkouškou čerstvého betonu byla zkouška objemové hmotnosti podle normy ČSN EN 12350-6 Zkoušení čerstvého betonu – část 6: Objemová hmotnost. [40] Prázdná nádoba o hraně $150 \times 150 \times 150$ mm se zváží, naplní ve dvou vrstvách betonem a následně zhutní na vibračním stole. Povrch betonu se zarovná ocelovým pravítkem a takto připravená forma se znovu zváží. Objemová hmotnost čerstvého betonu se vypočte a výsledek se zaokrouhlí na nejbližších 10 kg/m^3 .

Na ztvrdlém betonu byla provedena zkouška pevnosti v tlaku podle normy ČSN EN 12 390 – 3, Zkoušení ztvrdlého betonu – část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles. [41] Tato destruktivní zkouška se provádí po 28 dnech zrání těles o hraně $150 \times 150 \times 150$ mm. Zkušební tělesa se změří ve třech na sobě kolmých směrech, zváží a uloží se do zkušebního lisu kolmo na směr zhutnění. Poté se rovnoměrně zatěžují konstantní rychlostí $0,6 \pm 0,2 \text{ MPa/s}$ do stavu porušení. Výsledky se vypočítají dle vztahu $f_c = \frac{F}{A_c}$ a zaokrouhlí na nejbližších 0,1 MPa.

Poslední fyzikální mechanickou zkouškou ztvrdlého betonu byla zkouška objemové hmotnosti podle normy ČSN EN 12 390 – 7, Zkoušení ztvrdlého betonu – část 7: Objemová hmotnost ztvrdlého betonu. [42] Zkušební krychle o rozměrech $150 \times 150 \times 150$ mm se změří pomocí posuvného měřidla a zváží. Dle daného vztahu $D = \frac{m}{V}$ se vypočítá objemová hmotnost ztvrdlého betonu a výsledek se zaokrouhlí na nejbližších 10 kg/m^3 .

Kromě fyzikálně mechanických vlastností byly provedeny také nenormové zkoušky pro architektonický beton. První kapitola se zabývala testováním grafického betonu. První zkouškou bylo testování různých druhů zpomalovačů tuhnutí. Pro tuto zkoušku byly vytvořeny horizontální tělesa $300 \times 300 \times 60$ mm. Zpomalovače se nanášely pomocí štětce na povrch bednění, které bylo následně zaplněno čerstvou betonovou směsí a zhutněno ve dvou vrstvách na vibračním stole. Tělesa byla na 24 hodin uložena do laboratorního prostředí. Po odformování se tělesa vizuálně vyhodnotila. Nejlepší zpomalovač tuhnutí byl vybrán pro zkoušku malování grafických motivů na vertikální bednění. Pro zkoušku byly vyrobeny vertikální tělesa o rozměrech $300 \times 400 \times 50$ mm. Na stěny bednicích desek byl pomocí štětce a papírových šablon nanesen zpomalovač tuhnutí v různých geometrických vzorech. Připravené desky se uchytily do ocelového rámu do vertikální polohy pomocí upínacích háků a šroubů. Následně se bednění zaplnilo

betonovou směsí a hutnilo na vibračním stole ve dvou vrstvách. Tělesa byla uložena po dobu 24 hodin v laboratorním prostředí. Po odformování proběhlo vymytí neztvrdlého cementového tmele pomocí vysokotlaké myčky. Tělesa byla vyfotografována a vizuálně posouzena. Dalším testováním v kategorii grafických betonů proběhlo zkoušení savých vložek do bednění, pro kterou byly vytvořeny horizontální tělesa $300 \times 300 \times 60$ mm. Před betonáží se do bednění umístila savá vložka. Byly odzkoušeny celkem 3 druhy materiálů a to rouno, netkaná textilie a juta. Následně se do bednění uložila čerstvá betonová směs, která byla ukládána ve dvou vrstvách a hutněna pomocí vibračního stolu. Po 24 hodinách proběhlo odformování a vizuální hodnocení těles.

Dále probíhalo testování zpomalovačů tuhnutí. Pro testování byly zhotoveny horizontální tělesa $300 \times 300 \times 60$ mm. Celkem byly testovány 3 zpomalovače tuhnutí, které působily do různých hloubek vymytí. Ty byly nanесeny štětcem na polovinu povrchu bednění. Druhá polovina bednění nebyla opatřena zpomalovačem tuhnutí pro lepší kontrast mezi odhalenou a neodhalenou částí betonové plochy. Připravená forma byla zaplněna čerstvou betonovou směsí ve dvou vrstvách a zhutněna na vibračním stole. Následně byla uložena do laboratorního prostředí a po 24 hodinách odformována. Nezhydratovaný cementový tmel na povrchu betonu byl odstraněn pomocí vysokotlaké myčky, nebo za použití hrubého kartáče a proudu vody. Výsledky byly vizuálně zhodnoceny.

V rámci praktické části bylo také odzkoušeno lokální probarvení betonu. Pro zkoušku byly vytvořeny horizontální tělesa $300 \times 300 \times 60$ mm. Před vložením čerstvého betonu do bednění byl na dno bednění nanесen černý pigment. U dvou receptur byl použit práškový pigment, u dalších dvou byl práškový pigment smíchán s vodou. Následně se takto připravené bednění zaplnilo čerstvým betonem ve dvou vrstvách a zhutněno na vibračním stole. Po 24 hodinách proběhlo odformování těles, které byly vizuálně vyhodnoceny.

Dále proběhla zkouška separačních prostředků pro různé typy bednicích desek. Na vertikální bednění o rozměrech $300 \times 400 \times 50$ mm byly nanесeny dva druhy separačních prostředků. V průběhu zkoušky byly testovány různé druhy bednění jak překližkové, tak i ocelové. Po nanесení separačního prostředku byla bednicí deska uchycena k ocelovému rámu do vertikální polohy pomocí upínacích háků a šroubů. Připravené bednění bylo vyplněno betonovou směsí ve dvou vrstvách, zhutněno na

vibračním stole a uloženo do laboratorního prostředí. Po 24 hodinách proběhlo odformování těles a vizuální zhodnocení.

Vzhled výsledné betonové plochy byl určen pomocí zkoušky stanovení obsahu pórů pomocí optické mikroskopie. Na 4 reprezentativních plochách, které byly umístěny pod mikroskop a vyfotografovány byl stanoven obsah pórů a následně zařazen do příslušné kategorie 0,3; 0,6; 0,9 nebo 1,2 %. Na fotografiích bylo vytvořeno rastrové pole a měřítko pro jednodušší a přehlednější zařazení dle třídy plochy pórů.

6.2. Receptury

Pro praktickou část byly navrženy 4 receptury, ve kterých se měnila dávka a druh jednotlivých vstupních surovin. Na vytvořených recepturách byly následně stanoveny jak navržené fyzikálně mechanické zkoušky, tak zkoušky pro architektonický beton.

6.2.1. Receptura I

Cement

Portlandský cement CEM I 42,5 R firmy Českomoravský cement, a.s., závod Mokrá. Tento typ cementu vyniká rychlým nárůstem pevností a vysokým a rychlým vývinem hydratačního tepla. Je také charakteristický svými dobrými fyzikálními a chemickými vlastnostmi.

Voda

Použita byla voda z běžného vodovodního řádu.

Kamenivo

Na výrobu byly použity celkem 3 frakce kameniva, a to drobné těžené kamenivo frakce 0–4 mm z oblasti Žabčice, hrubé drcené kamenivo frakce 4–8 mm z oblasti Olbramovice a hrubé drcené kamenivo frakce 8–16 mm z oblasti Olbramovice.

Plastifikační přísada

Pro zlepšení manipulace s čerstvým betonem byla použita super plastifikační přísada STACHEMENT 2050 (FM) firmy Stachema v dávkování 3,24 % z hmotnosti cementu.

Tab. 3 Složení betonové směsi pro Recepturu I

Surovina		Složení betonu [kg/m ³]
Cement CEM 42,5 R Mokrá		360
Voda		175
Kamenivo	0–4 mm těžené Žabčice	844
	4–8 mm drcené Olbramovice	317
	8–16 mm drcené Olbramovice	526
Superplastifikační přísada STACHEMENT 2050 (FM)		3,24 % z m _c

6.2.2. Receptura II

Cement

Aalborg white cement CEM I 52,5 R – SR 5 (EA) od dánské společnosti Aalborg portland. Tento speciální druh bílého cementu dosahuje vysokých 28denních pevností. Cement má ekvivalentní obsah alkalických látek v rozmezí 0,1 – 0,3 % a vysokou odolnosti proti síře díky nízkému obsahu C₃A menší než 5 %. Má přirozeně nízký obsah chromatinu a chrómu. Tento druh cementu je vhodný pro výrobu probarvovaných betonů. Dále se může kombinovat při použití minerálních přísad, a to popílku nebo křemičitých úletů.

Voda

Použita byla voda z běžného vodovodního řádu.

Kamenivo

Na výrobu byly použity celkem 3 frakce kameniva, a to drobné těžené kamenivo frakce 0–4 mm z oblasti Žabčice, hrubé drcené kamenivo frakce 4–8 mm z oblasti Olbramovice a hrubé drcené kamenivo frakce 8–16 mm z oblasti Olbramovice.

Plastifikační přísada

Pro zlepšení manipulace s čerstvým betonem byla použita super plastifikační přísada STACHEMENT 2050 (FM), v dávkování 3,6 % z hmotnosti cementu.

Tab. 4 Složení betonové směsi pro Recepturu II

Surovina		Složení betonu [kg/m ³]
Aalborg white cement CEM I 52,5 R – SR 5 (EA)		400
Voda		168
Kamenivo	0–4 mm těžené Žabčice	1015
	4–8 mm drcené Olbramovice	110
	8–16 mm drcené Olbramovice	623
Superplastifikační přísada STACHEMENT 2050 (FM)		3,6 % z m _c

6.2.3. Receptura III

Cement

Portlandský cement CEM I 42,5 R firmy Českomoravský cement, a.s., závod Mokrý. Tento typ cementu vyniká rychlým nárůstem pevností a vysokým a rychlým vývinem hydratačního tepla. Je také charakteristický svými dobrými fyzikálními a chemickými vlastnostmi.

Voda

Použita byla voda z běžného vodovodního řádu.

Kamenivo

Na výrobu byly použity celkem 3 frakce kameniva, a to drobné těžené kamenivo frakce 0–4 mm z oblasti Žabčice, hrubé drcené kamenivo frakce 4–8 mm z oblasti Olbramovice a hrubé drcené kamenivo frakce 8–16 mm z oblasti Olbramovice.

Plastifikační přísada

Pro zlepšení manipulace s čerstvým betonem byla použita super plastifikační přísada STACHEMENT 2050 (FM), v dávkování 3,24 % z hmotnosti cementu.

Příměs

Jako příměs byl použit vysoce barvicí černý práškový pigment společnosti PRECHEZA.

Tab. 5 Složení betonové směsi pro Recepturu III

Surovina		Složení betonu [kg/m ³]
Cement CEM 42,5 R Mokrý		380
Černý pigment		19
Voda		170
Kamenivo	0–4 mm těžené Žabčice	854
	4–8 mm drcené Olbramovice	487
	8–16 mm drcené Olbramovice	341
Superplastifikační přísada STACHEMENT 2050 (FM)		3,24 % z mc

6.2.4. Receptura IV

Cement

Portlandský cement CEM I 42,5 R firmy Českomoravský cement, a.s., závod Mokrý. Tento typ cementu vyniká rychlým nárůstem pevností a vysokým a rychlým vývinem hydratačního tepla. Je také charakteristický svými dobrými fyzikálními a chemickými vlastnostmi.

Voda

Voda byla použita z běžného vodovodního řádu.

Kamenivo

Na výrobu byly použity celkem 3 frakce kameniva, a to drobné těžené kamenivo frakce 0–4 mm z oblasti Žabčice, hrubé drcené kamenivo frakce 4–8 mm z oblasti Olbramovice a hrubé drcené kamenivo frakce 8–16 mm z oblasti Jakubčovice.

Plastifikační přísada

Pro zlepšení manipulace s čerstvým betonem byla použita super plastifikační přísada STACHEMENT 2050 (FM) v dávkování 0,9 % z hmotnosti cementu.

Příměsi

Jako příměs byl použit vysoce barvící černý práškový pigment společnosti PRECHEZA. Další příměsí byl jemně mletý vápenec Carmeuse 7 společnosti Carmeuse Czech Republic, s.r.o. ze závodu Mokrý. Tento vápenec byl přidán za účelem snížení podílů množství cementu a lepší konzistenci samozhutnitelné betonové směsi.

Tab. 6 Složení betonové směsi pro Recepturu IV

Surovina		Složení betonu [kg/m ³]
Cement CEM 42,5 R Mokrý		370
Vápenec Carmeuse		80
Černý pigment		18,5
Voda		365
Kamenivo	0–4 mm těžené Žabčice	925
	4–8 mm drcené Olbramovice	240
	8–16 mm drcené Jakubčovice	574
Superplastifikační přísada STACHEMENT 2050 (FM)		0,9% z mc

6.3. Výsledky zkoušek čerstvého a ztvrdlého betonu

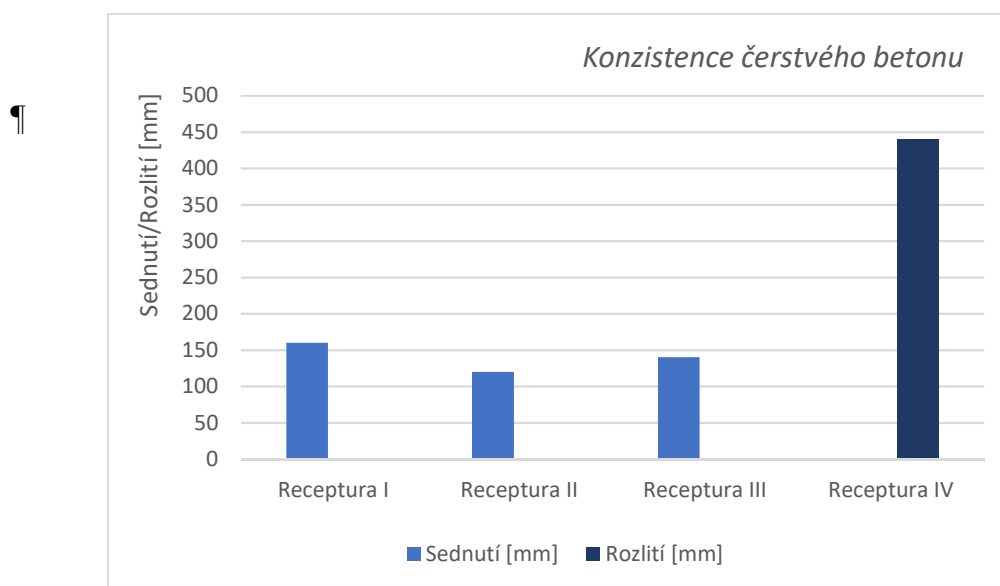
Při vytváření zkušebních těles pro praktickou část diplomové práce byl kladen důraz především na výběr a využití kvalitních druhů vstupních materiálů. Dalším důležitým parametrem byla konzistence čerstvého betonu a způsob ukládání směsi do připravených typů bednění. Výsledky zkoušek a vizuální zhodnocení byly zapsány do tabulek a graficky zpracovány.

6.3.1. Konzistence čerstvého betonu

Zkouška konzistence byla prováděna dle normy ČSN EN 12350-2 Zkoušení čerstvého betonu – část 2: Zkouška sednutím a dle výsledků zařazena do příslušné kategorie. U poslední Receptury IV byla provedena zkouška konzistence dle ČSN EN 12350-5 Zkoušení čerstvého betonu – část 5: Zkouška rozlitím. Zkoušky byla provedeny po 5 minutách od konce doby míchání betonové směsi.

Tab. 7 Výsledky konzistence čerstvého betonu u jednotlivých receptur

	Receptura I	Receptura II	Receptura III	Receptura IV
Sednutí [mm]	160	120	140	-
Rozlití [mm]	-	-	-	440
Třída sednutí/rozlití	S4	S3	S3	F3



Graf 1 Konzistence čerstvého betonu

6.3.2. Objemová hmotnost čerstvého a ztvrdlého betonu

Zkouška objemové hmotnosti byla provedena dle normy ČSN EN 12350-6 Zkoušení čerstvého betonu – část 6: Objemová hmotnost a ČSN EN 12350-7 Zkoušení ztvrdlého betonu – část 7: Objemová hmotnost ztvrdlého betonu.

D objemová hmotnost čerstvého betonu
[kg/m³]

$$D = \frac{m_2 - m_1}{V}$$

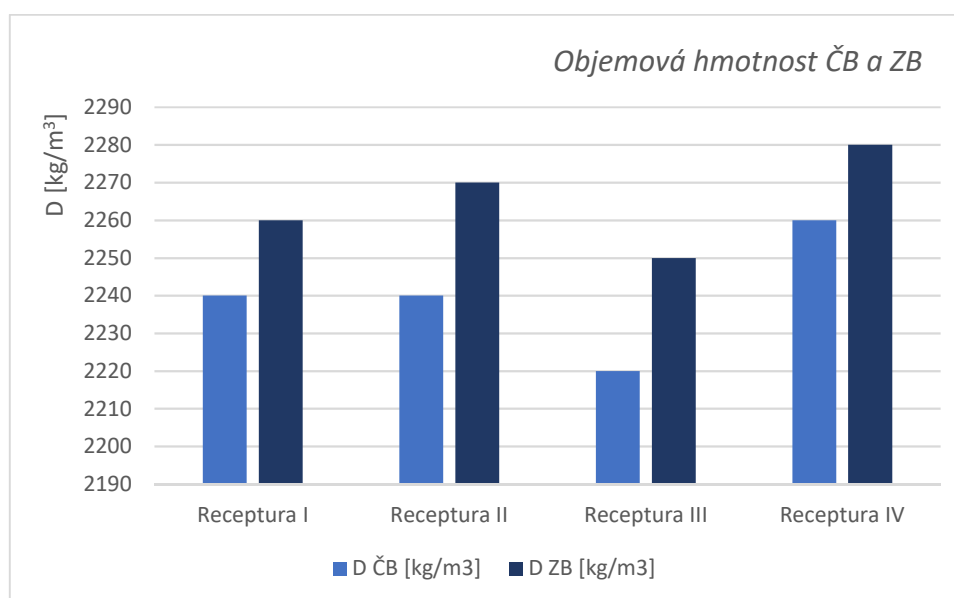
m₁ hmotnost prázdné nádoby [kg]

m₂ hmotnost naplněné nádoby [kg]

V objem nádoby [m³]

Tab. 8 Výsledky objemové hmotnosti čerstvého a ztvrdlého betonu u jednotlivých receptur

D	Receptura I	Receptura II	Receptura III	Receptura IV
D ČB [kg/m ³]	2240	2240	2220	2260
D ZB [kg/m ³]	2260	2270	2250	2280



Graf 2 Objemová hmotnost čerstvého a ztvrdlého betonu

6.3.3. Pevnost v tlaku po 28 dnech

Zkouška pevnosti v tlaku betonu byla provedena dle normy ČSN EN 12 390 – 3
Zkoušení ztvrdlého betonu – část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles.

$$f_c = \frac{F}{A_c}$$

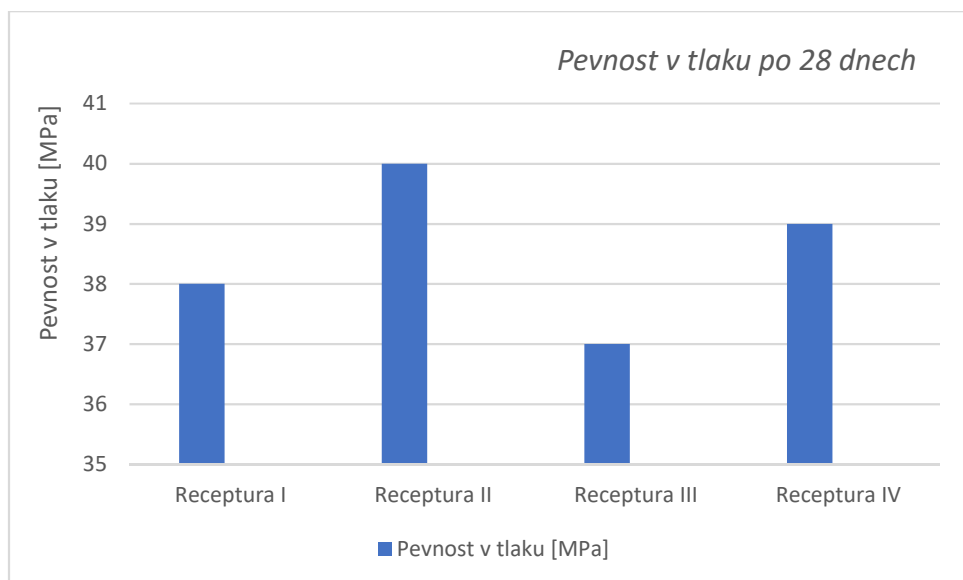
f_c pevnost v tlaku [MPa]

F maximální zatížení při porušení [N]

A_c průřezová plocha zkušebního tělesa [g]

Tab. 9 Výsledky pevnosti v tlaku po 28 dnech u jednotlivých receptur

	Receptura I	Receptura II	Receptura III	Receptura IV
Pevnost v tlaku [MPa]	38	40	37	39



Graf 3 Pevnost v tlaku po 28 dnech

6.4. Zkoušení povrchů architektonických betonů

6.4.1. Grafický beton

6.4.1.1. Testování zpomalovačů tuhnutí

Zpomalovače tuhnutí pro pohledové betony jsou chemické látky, které potlačují tuhnutí cementového tmele. Mohou se použít především při vytváření reliéfů či ornamentů, kde požadujeme, aby byly vytvořené jasné a zřetelné linie mezi oblastmi se zpomalovacím prostředkem a bez něj.

Na tuto zkoušku bylo použito 5 odlišných zpomalovačů tuhnutí. Všechny v zastoupení společnosti HEBAU. Bedně byla částečně zakryta lepicí páskou pro lepší a viditelnější přechody mezi místem působení zpomalovače a místem bez něj. Na odhalená místa bedně byla pomocí štětce nanášena vrstva přípravku. Po nanesení zpomalovače tuhnutí se povrch nechal 10 minut zavadnout. Následně byla do bedně uložena čerstvá betonová směs. Po 24 hodinách bylo provedeno odformování. Stejná zkouška byla provedena také pro vertikální polohu bedně. Způsob nanášení však neprobíhal pomocí štětce, ale pomocí stříkací pistole. Vrstva přípravku byla v porovnání se štětcem nanášena rovnoměrněji a bylo spotřebováno méně zpomalovače tuhnutí.



Obr. 15 Nanesení zpomalovačů tuhnutí na bedně

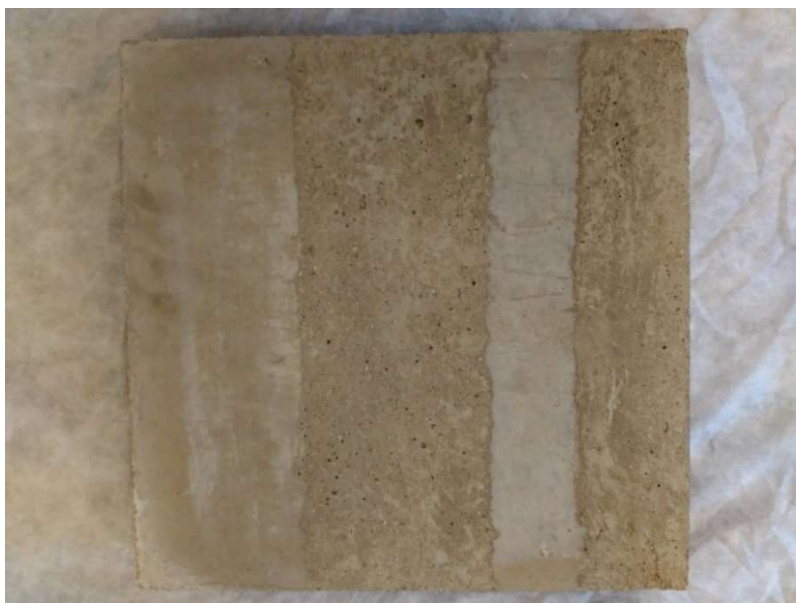
Tab. 10 Vlastnosti použitých zpomalovacích prostředků

Typ zpomalovače tuhnutí	Barva	Charakteristika
VP 01	modrá	hustá kapalina
VP 10	zelená	viskózní kapalina
VP 25	bílá	hustá kapalina
VP 70	šedá	viskózní kapalina
Microgel	bílá	hutný gel



Obr.16 Povrch betonu opatřený zpomalovačem tuhnutí VP 01

V levé horní části vzorku můžeme vidět patrné zatečení prostředku pod hranici lepící pásky. Čerstvá betonová směs tak vtekla pod pásku a nevytvořila jasné hranice. Podobně nejasné linie zpomalovače tuhnutí můžeme pozorovat i v pravé části vzorku. Na povrchu se zpomalovačem tuhnutí se objevily také póry, které jsou pro architektonické betony nežádoucí.



Obr. 17 Povrch betonu opatřený zpomalovačem tuhnutí VP 10

Tento zpomalovací prostředek vytvořil jasné a zřetelné hranice mezi oblastmi. Cementový tmel v čerstvé betonové směsi reagoval se zpomalovačem tuhnutí v předem určených oblastech.



Obr. 18 Povrch betonu opatřený zpomalovačem tuhnutí VP 25

Na fotografii vidíme nesymetrii požadované linie a téměř neidentický požadovaný tvar na povrchu. Zpomalovací prostředek působil i v ohraničených místech plochy bednění.



Obr.19 Povrch betonu opatřený zpomalovačem tuhnutí VP 70

V dolní části plochy vzorku opět můžeme pozorovat zatečení betonové směsi do nepožadovaných míst. Důvodem byla přílišná tekutost zpomalovače tuhnutí při nanesení na kontaktní plochu bednění.

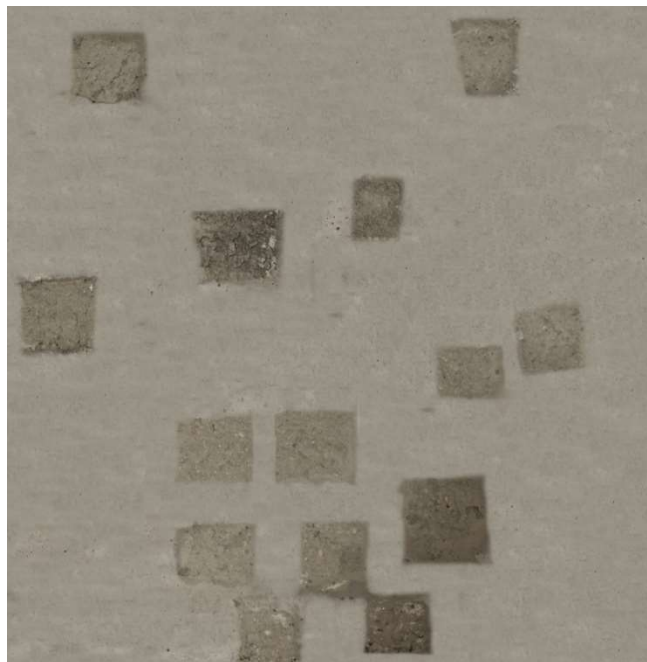


Obr. 20 Povrch betonu opatřený zpomalovačem tuhnutí Microgel

Použití microgelu způsobilo nejen zrušení požadované přechodové hranice mezi oblastmi, ale také výrazně více odhalilo cementový tmel z aktivovaných míst.

Nejúčinnější zpomalovač tuhnutí byl vybrán prostředek CSE-Entaktiveirere Solotop VP 10, který byl následně použit pro zkoušení grafických motivů na vertikální bedně. Pro tuto zkoušku byla připravena tělesa $300 \times 300 \times 60$ mm. Pomocí štětce byl na bedně namalován požadovaný grafický vzor. Tento vzor byl vytvořen zpomalovačem tuhnutí CSE-Entaktivierer Solotop VP 10, který se následně nechal 10 minut zavadnout. Betonáž byla prováděna ve vertikální poloze. Připravené desky se uchytily do upínacích háků a bedně bylo vyplněno čerstvou betonovou směsí. Odformování proběhlo po 24 hodinách a následně byl vzorek vizuálně ohodnocen.

Jako první byla hodnocena účinnost zpomalovače tuhnutí. Jako i u předešlých zkoušek byla potvrzena kvalita tohoto zpomalovače. Díky jeho husté konzistenci při nanášení nestékal a nevytvářel jiné než předem dané linie. Jeho hloubka působení byla také v požadované mezi. Tento zpomalovač tuhnutí je možný využívat při betonáži ve vertikálních polohách díky husté konzistenci a rychlému zavadnutí přípravu. Testování by však mělo předem proběhnout na velkých testovacích plochách monolitických konstrukcí.



Obr. 21 Grafický beton Receptura I

Zpomalovač tuhnutí vytvořil na požadovaných místech pravidelný geometrický tvar čtverců. Díky vhodné konzistenci a nanášení štětcem nestékal a nevytvářel v dalších částech plochy nežádoucí linie.



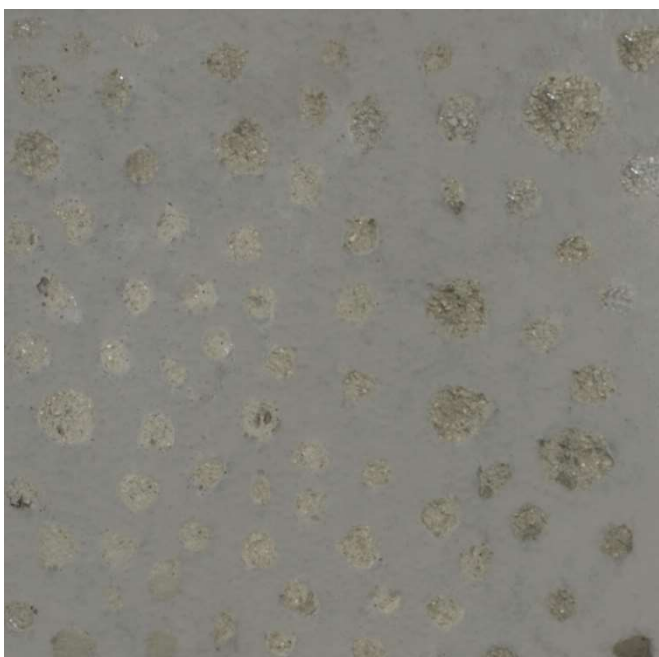
Obr. 22 Grafický beton Receptura II

Při tvorbě jednoduchých rovných linií a čar v horizontálním směru opět tento zpomalovač tuhnutí vyhověl a požadované místa byla odhalena pouze na příslušných, předem označených plochách.



Obr. 23 Grafický beton Receptura III

Při překrývání čar nedocházelo k vymávání betonu mezi jednotlivými liniemi. Zpomalovač tuhnutí opět působil pouze v předem určených požadovaných oblastech.



Obr. 24 Grafický beton Receptura IV

Kruhové linie nebyly po vymytí výrazné a nedoržovaly symetrický tvar. Některá místa byla vymyta i přesto, že na nich zpomalovač tuhnutí nanesen nebyl.

Pro všechny receptury byly použit zpomalovač tuhnutí CSE-Entaktivierer Solotop VP 10, který v první zkoušce zpomalovačů tuhnutí obstál jako nejlepší. I pro tuto zkoušku obstál velice dobře. Díky husté konzistenci nestékal po stěnách bednění po nanesení.

Při zkoušce byl důraz dbán na odzkoušení především různých geometrických tvarů a linií, které se pro architektonické betony mohou používat.

Pro recepturu I, II a III byly zkoušeny jasné a přímé linie, kterými byly čáry a čtverce. Zpomalovač tuhnutí po vymytí nezatvrdlého cementového tmele vytvořil jasné a čisté linie. U receptury IV byl odzkoušen vzor kruhů. Tento vzor však ve zkoušce neobstál. Linie nebyly jasné a tvar kruhů téměř nebyl znatelný. Pro oblé a kulaté tvary u grafických betonů by měl být zvážen jiný druh zpomalovače tuhnutí.

Dále byl pro tuto zkoušku testován také způsob nanášení zpomalovače tuhnutí. Nanášení probíhalo pomocí štětce a pomocí stříkací pistole. Oba způsoby byly stejně spolehlivé při nanášení. Při nanášení štětcem však větší vrstva zpomalovače tuhnutí stékala z vertikální plochy bednění. S ohledem na spotřebu i styl nanášení je tedy vhodnější způsob nanášení zpomalovače tuhnutí pomocí stříkací pistole.

6.4.1.2. Savé vložky

Pro pohledové betony jsou většinou používána bednění, které jsou odolná a vyrobená především z nesavých materiálů. Ocel a dřevo jsou nejčastěji používané materiály pro bednění, neboť jsou odolné vůči poškození a po vyčištění a impregnaci znovu snadno použitelné. Mezi další materiály pro bednicí systémy řadíme gumové či pryžové folie, díky kterým může mít architektonický beton specifický tvar či strukturu.

U této zkoušky bylo využito opačných vlastností, které jsou od bednění požadovány a to nízká nasákavost. Cílem bylo především zhodnotit vizuální stránku použití těchto savých vložek a také upozorovat, zda savé vložky v bednění mohou částečně odebrat vodu z povrchu betonu. Pro experiment byly použity celkem tři odlišné typy tkanin. První z nich byla juta, další netkaná textilie a jako poslední rouno. Každá vložka byla vystřižena do požadovaného tvaru a uložena na dno bednění. Následně byla zalita čerstvou betonovou směsí a po 24 hodinách odformována. Výsledek byl vizuálně posouzen. Betonáž probíhala jak ve vertikálních tak v horizontální polohách pro srovnání účinnosti savých vložek. Pozorován byl zejména prostup cementového tmele nad savou vložkou, otisk struktury do povrchu betonu, ale také způsob a možnost následného odstranění savých vložek z povrchu betonu.

Tab. 11 Typ a charakteristika savých vložek

Typ materiálu	Barva	Nasákavost	Složení
Juta	hnědá	34 %	vlákna jutovníků
Netkaná textilie	bílá	5 %	textilní vlákna, příze, filamenty
Rouno	černé	10 %	zplstěné syntetické materiály

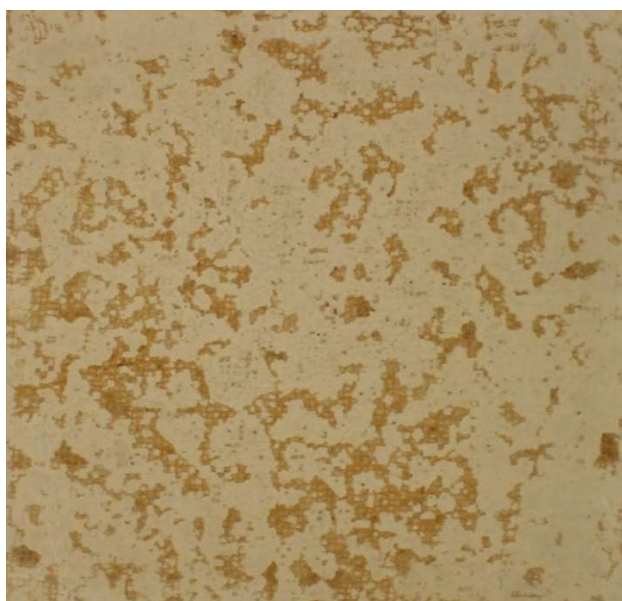
6.4.1.2.1 Savé vložky z juty

Jutová savá vložka se pro architektonické betony hodí především z důvodu zajímavých kombinací textury a materiálu. Cementový tmel prostoupil jutovou vložku, ale v některých částech povrchu si zanechal charakteristický tvar. Po odstranění vložky byl na povrchu betonu vytvořen viditelný obtisk. Savá vložka z juty se však jen velice těžkou dala ze ztvrdlého betonového povrchu manuálně odstranit. Tento způsob vytváření povrchu pro architektonické betony je vhodnou a zajímavou možností pro využití savých vložek



Obr. 25 Betonový povrch s jutovou vložkou pro Recepturu I

Cementový tmel přes jutovou savou vložku v některých místech protekl. Barevná kombinace této receptury by mohla být používána pro praktické využití po úpravě a zamezení zatékání cementového tmelu přes jutovou vložku.



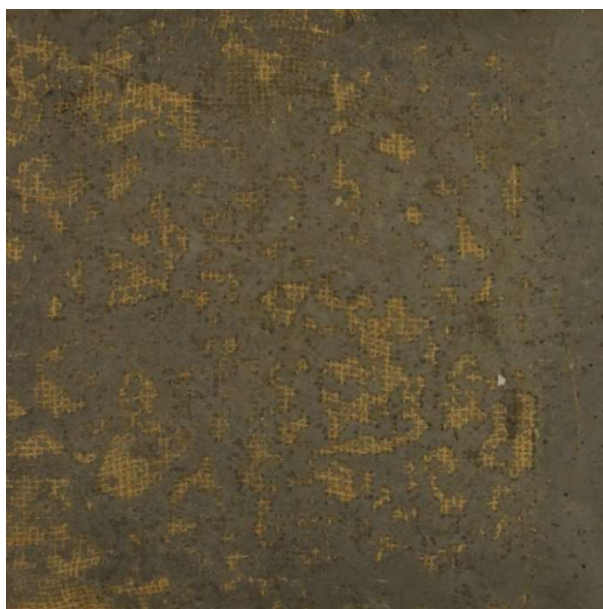
Obr. 26 Betonový povrch s jutovou vložkou pro Recepturu II

Při použití bílého cementu v kombinaci s jutou nebylo dosaženo požadovaného vizuálního vzhledu. Cementový tmel téměř všude protekl přes strukturu juty a byl nevzhledný



Obr.27 Betonový povrch s jutovou vložkou pro Recepturu III

Receptura s černým pigmentem byla v kombinaci s hnědou jutou také zajímavou kombinací. V případě oddělení jutové vložky a fólie pro zamezení tečení cementového tmele by části konstrukce s jutou mohly tvořit pěkný vizuální styl s tmavou barvou betonové plochy.



Obr.28 Betonový povrch s jutovou vložkou pro Recepturu IV

Samozhutnitelné betony pro využití jutových savých vložek nejsou doporučeny z důvodů zatečení cementového tmele při ukládání betonové směsi.

Využití savých vložek z juty je pro architektonické betony možnou variantou využití. Žádným výrazným způsobem nezhodnotily kvalitu betonu. Od savých vložek bylo očekáváno odsátí vody z povrchu betonu a jeho následné drolení. To se ale ve většině případů nestalo. Savé vložky mohou být používány při otisku vzoru materiálu na plochu architektonických betonů nebo například při tvorbě ornamentů. Pro praktické využití by jutová vložka měla být opatřena z jedné strany fólií, která by zamezila pronikání cementového tmele skrz strukturu materiálu. Jasně by tak oddělovala prochy konstrukce, které by byly z betonu do kterého by byla jutová vložka zapuštěna.

6.4.1.3.2 Savé vložky z netkané textilie

Netkaná textilie je jemný vzdušný téměř průsvitný materiál. Při použití tohoto materiálu jako savé vložky do betonu můžeme vytvářet zajímavé ornamenty či odlišné vizuální plochy, které mohou efektivně obohatit výsledný vzhled betonové plochy.

Savá vložka byla vystřižnuta do tvaru kopírující plochu bednění. Takto připravená textilie byla opatrně vložena do bednění a následně zalita čerstvou betonovou směsí. Po následném zhutnění a uložení po dobu 24 hodin do laboratorního prostředí byla tělesa odformována. Netkaná textilie propustila cementový tmel. Po odstranění netkané textilie ze zatvrdlého povrchu betonu nevytvořila výraznější otisk.



Obr. 29 Betonový povrch s netkanou textilní vložkou pro Recepturu I

Netkaná textilie se v referenční receptuře téměř ztratila. Cementový tmel protekl zkrz netkanou textilie a pokrzl celý povrch betonu.



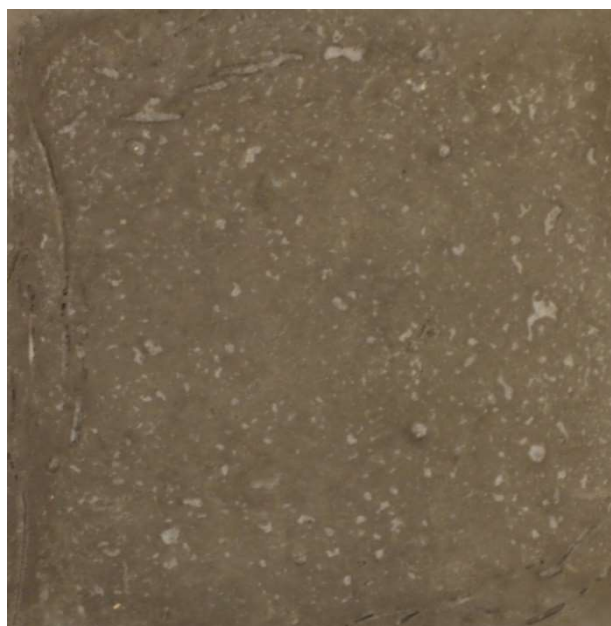
Obr.30 Betonový povrch s netkanou textilní vložkou pro Recepturu II

Bílá netkaná textilie se v receptuře s bílým cementem ztratila. Pro možnost využití této savé vložky může být zvážena jiná barevná kombinace.



Obr. 31 Betonový povrch s netkanou textilní vložkou pro Recepturu III

Receptura s obsaženým tmavým pigmentem v kombinaci s bílou netkanou textilií by mohla být využívána pro architektonické využití. Kontrast barev navíc doplňuje zajímavá textura, která na povrchu byla vytvořena.



Obr.32 Betonový povrch s netkanou textilní vložkou pro Recepturu IV

Netkaná textilie v této receptuře je viditelná pouze v malém procentuálním zastoupení plochy. Nemá výraznější barvu ani tvarové provedení.

Využití savých vložek z netkané textilie pro architektonický beton je tedy možné, ale žádným větším způsobem neovlivňuje vizuální pohled. V případě, že bílou netkanou textilii zkombinujeme s recepturou s tmavým pigmentem, můžeme vytvořit zajímavou kombinaci obou druhů materiálů.

6.4.1.3.3 Savé vložky z rouna

Rouno je materiál, který je ve stavebnictví lehce a levně dostupný. Lícová strana tohoto materiálu se skládá z recyklovaných textilních materiálů. Na straně rubové byla na tomto vzorku jemná igelitová vrstva.

Savá vložka byla vystříhnutá do tvaru kopírující plochu bednění. Rouno bylo opatrně vloženo do bednění a následně zalito čerstvou betonovou směsí. Po následném zhuštění

a uložení po dobu 24 hodin do laboratorního prostředí byla tělesa odformována. Rouno díky igelitové vrstvě nepropustilo žádný cementový tmel. Savá rounová vložka téměř nešla od ztvrdlého betonového povrchu odstranit.



Obr. 33 Betonový povrch s rounovou vložkou pro Recepturu I

Savá vložka nepropustila žádný cementový tmel a na povrchu nevytvořila žádný vizuální ani barevný kontrast.



Obr. 34 Betonový povrch s rounovou vložkou pro Recepturu II

Savá vložka opět nevytvořil a žádný vizuální efekt na povrchu betonu.



Obr. 35 Betonový povrch s rounovou vložkou pro Recepturu III

Strana rounové vložky s fólií nepropustila žádný cementový tmel. Barva či struktura vložky nepřispěla k vytvoření vizuálně dobrého výsledku pro použití v praxi.



Obr.36 Betonový povrch s rounovou vložkou pro Recepturu IV

V některých místech kontaktu savé vložky s betonem vznikly nevzhledné rýhy a prohlubně, které znehodnotily povrch betonové plochy.

Tato savá vložka není doporučena pro použití v oblasti tvorby architektonických betonů. Nevytvořila žádný speciální otisk na povrchu, relativně špatně se s ní v průběhu experimentu pracovalo a vizuálně se pro architektonické betony nehodí. Z povrchu betonu jí nebylo možno odstranit a žádným způsobem se barevně nehodí ke kombinaci s betonovou plochou.

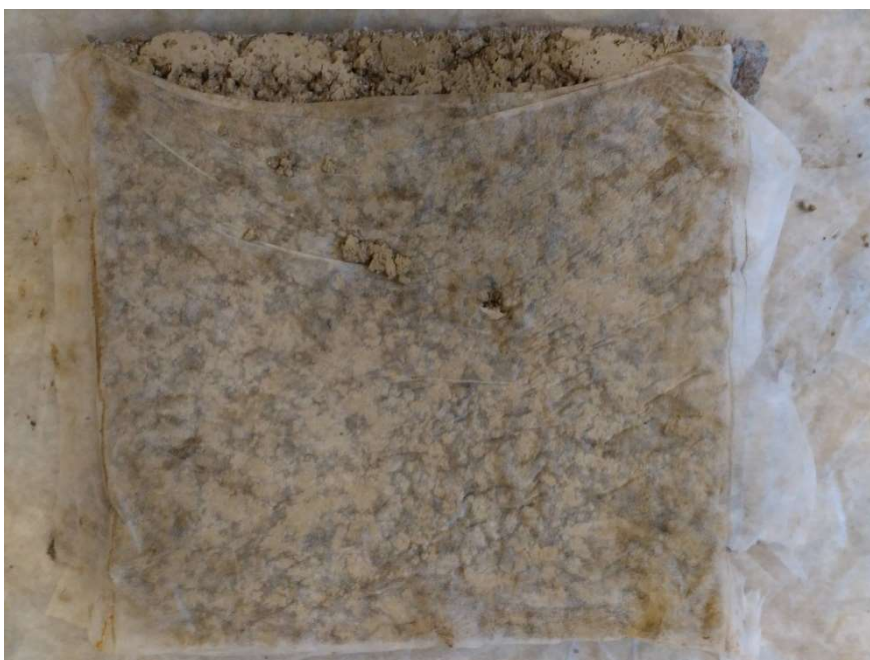
6.4.1.3.4 Savé vložky při betonáži ve vertikálních polohách

Pro Recepturu I byla provedena také zkouška savých vložek při betonáži ve vertikálních polohách. Pro tuto zkoušku bylo využito bednění 400 × 300 × 30 mm. Na stěnu bednění byla připevněna savá vložka. Připravené bednění bylo uchyceno do upínacích háku a přeneseno z horizontální do vertikální polohy. Následně byla forma zaplněna betonem a čerstvá betonová směs byla zhutněna vpichy ocelovou tyčí.

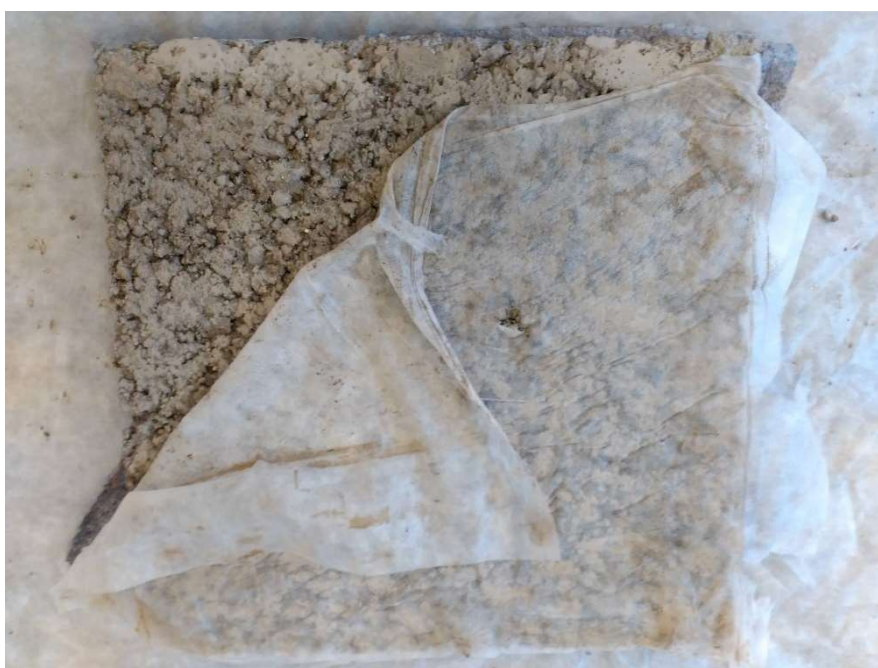


Obr. 37 Povrch betonu s jutovou vložkou ve vertikální poloze pro Recepturu I

Jutová savá vložka ve vertikální poloze nepropustila téměř žádný cementový tmel. Pod vložkou můžeme vidět strukturu betonu. Nevýhodou byly skroucení savé vložky při plnění bednění. Další problémy také nastaly při hutnění, kde savé vložka ztrácela požadovaný tvar a uchycení do bednění.



Obr. 38 Povrch betonu s netkanou textilní vložkou ve vertikální poloze pro Recepturu I



Obr.39 Povrch betonu s odhalenou netkanou textilní vložkou ve vertikální poloze pro Recepturu I

Netkaná textilní vložka při betonáži ve vertikální poloze nepropustila cementový tmel a vytvořila tak zajímavý průsvitný plášť přes strukturu betonu. Nevýhodou bylo problematické uchycení textilie do bednění a problém při hutnění. Po odstranění bednění se textilie dala snadno z povrchu betonu odstranit.



Obr. 40 Povrch betonu s rounovou vložkou ve vertikální poloze pro Recepturu I



Obr. 41 Povrch betonu s odhalenou rounovou vložkou ve vertikální poloze pro Recepturu I

Savá vložka z rouna nepropustila žádný cementový tmel ani se při betonáži neničila či neměnila tvar. Vizuálně však v kombinaci s betonem netvořila výrazný efekt.

Savé vložky se pro betonáž ve vertikálních polohách nehodí. Jednodušší pro manipulaci i lepší vizuální výsledek je použití těchto savých vložek do horizontálních bednicích systémů. Při betonáži totiž nastal problém jak s umístěním savých vložek do bednění, tak při jejich následném pohybu v bednění při hutnění.

6.4.2. Vymývání povrchů do různých hloubek

Pro tuto zkoušku byla použita betonová kosmetika firmy HEBAU. Zpomalovače neboli deaktivátory betonového povrchu zpomalí tvrdnutí cementového tmele. Tento tmel se po daném časovém intervalu odstraní. Smyslem a hlavním důvodem, proč se tato metoda úpravy provádí je odhalení kameniva ukrytého pod cementovým tmelem. Tento systém je uplatňován především u vymývaných podlah nebo chodníků a taktéž v prefabrikaci. Pro zkoušku byl zvolený interval vymytí 24 hodin. Povrchy byly vymyty do hloubek 0,5 mm, 1,5 mm a 3 mm pomocí dvou odlišných způsobů vymývání a to pomocí kartáček a proudu vody, ale také pomocí vysokotlaké vodní myčky.

Tab. 12 Typ a vlastnosti deaktivátoru betonového povrchu

Typ deaktivátoru	Barva	Deaktivace pro velikost kameniva [mm]	Hloubka vymytí [mm]
CSE-Entaktivierer pro 01	Zelená	0-4	0,5
CSE-Entaktivierer pro 10	Modrá	4-8	1,5
CSE-Entaktivierer pro 70	Krémová	8-16	3,0

Pro všechny čtyři receptury byly vytvořeny celkem tři tělesa $300 \times 300 \times 60$ mm. Bednění bylo opatřeno tenkým nátěrem deaktivátoru tuhnutí. Nanášení deaktivátoru tuhnutí probíhalo pomocí štětce na polovinu bednění a následně se nátěr nechal 10 minut zavadnou. Druhá polovina bednění nebyla deaktivátorem natřena pro jasné a jednoduché porovnání ploch s deaktivátorem tuhnutí a bez něj. Takto připravené bednění se vyplnilo čerstvou betonovou směsí. Po 24 hodinách se těleso odformovalo a neztvrdlý cementový tmel se odstranil pomocí vysokotlakého vodního paprsku nebo pomocí kartáče a proudu vody.



Obr. 42 Nanášení deaktivátoru betonového povrchu na bednění



Obr. 43 Bednění opatřeno deaktivujícím nátěrem

Povrchy byly vymývány dvěma způsoby. První probíhal pomocí vysokotlaké myčky HW112 od firmy Makita. Přístroj s indukčním motorem má příkon 1600 W. Pro vymývání byla použita pistole s nastavcem pro rozptýlení vodního paprsku. Pracovní tlak myčky dosahuje 100 barů. Vodní paprsek se přiložil asi 10 cm od betonového povrchu a pod úhlem 120 stupňů byl cementový tmel odstraněn.

Druhým způsobem bylo odstraňování cementového tmele pomocí režného kartáče a proudu vody. Cementový tmel byl z povrchu betonu odstraněn krouživými pohyby kartáče a vymyt hadicí s vodním pistolovým nastavcem. Maximální možný pracovní tlak tohoto způsobu vymývání dosahoval 300 barů.

Oba dva způsoby odstranění cementového tmele pro vymývané povrchy dosahovaly srovnatelných výsledků. Vysokotlaká myčka s vyšším tlakem vymyla cementový tmel dokonale a v relativně krátkém časovém úseku. Vysoký proud vody však také občas způsobil vymytí nejen cementového tmele, ale jemného kameniva z betonu. Kartáčový způsob odstranění tmele z povrch byl šetrnější, ale časově náročnější. Výsledný vymytý povrch však nebyl tak zřetelně jasný a kontury přesně ohraničené jako povrch vymytý vysokotlakou myčkou.



Obr. 44 Vysokotlaká myčka HW112



Obr. 45 Vykartáčovaný povrch vymytý pomocí vodní pistole



Obr. 46 Vymytí povrchů Receptury I



Obr. 47 Vymytí povrchů Receptury II



Obr. 48 Vymytí povrchů u Receptury III



Obr. 49 Vymytí povrchů u Receptury IV

U všech receptur fungovaly vybrané deaktivátory ve 100% účinnosti. Vymytí do požadované hloubky bylo potvrzeno odhalením příslušné frakce kameniva. Vhodnou variantou pro tento druh architektonických betonů je také použití různých frakcí kameniva či kombinace s pigmenty nebo bílým cementem.

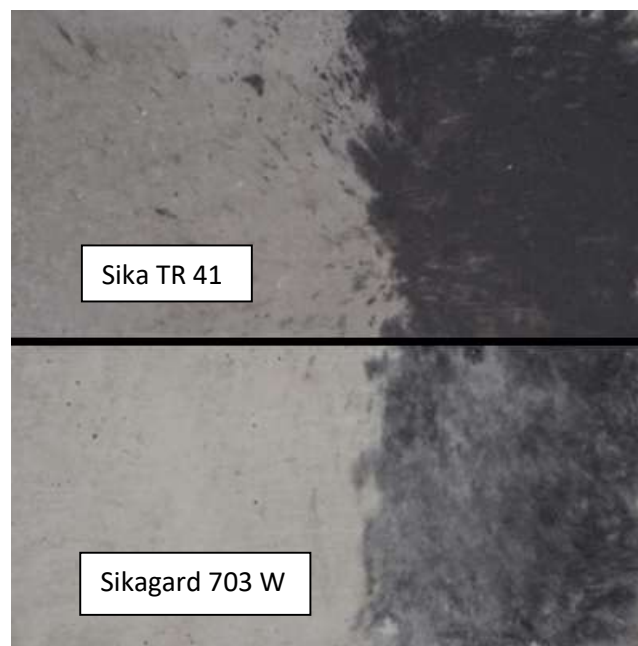
6.4.3. Lokální probarvení

Probarvování betonu pro výrobu pohledových ploch je velmi populárním trendem. Pigmenty, jednak práškové, tak tekuté jsou do čerstvé betonové směsi přidávány během homogenizace. Tyto chemické látky obalují cementová zrna a vytvářejí tak výslednou barvu povrchu betonu. Pro zlepšení kvality a jasnosti barvy se může do receptury použít bílý cement. V takovém případě probíhá barvení celé betonové směsi jako celku.

Tato zkouška měla za úkol přiblížení možností probarvování betonu pouze v povrchové ploše. Beton tak nemusí být probarven v celém svém objemu, ale pouze v požadovaných místech. Probarvení totiž může dosáhnout hloubky pouze několika

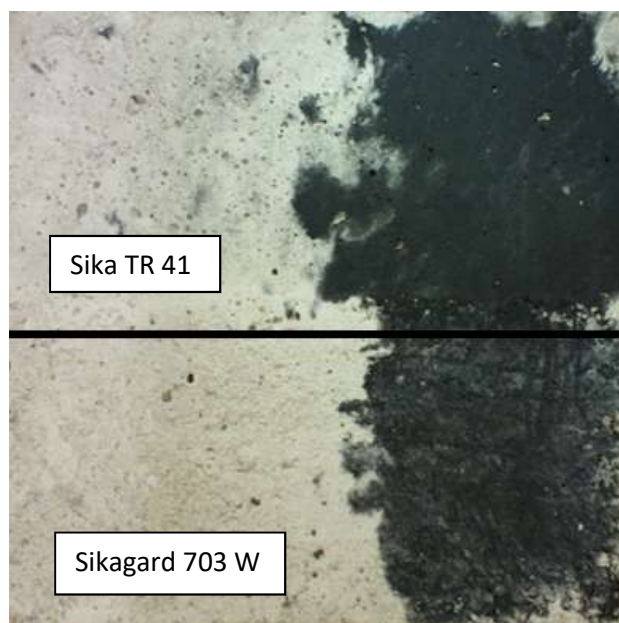
milimetrů, ale výsledný efekt ve srovnání s celoplošným probarvením zůstane stejný. Výhodou této metody může být variabilita možností vzorů a barevného probarvení. Mezi další výhody může patřit také ekonomicky výhodnější vytvoření pohledového betonu.

Zkouška lokálního probarvení probíhala na zkušebních tělesech $300 \times 300 \times 60$ mm ve vertikálním směru. Pro tuto zkoušku byly využity dva separační prostředky. Jedna polovina bednění byla impregnována vodou odpuzujícím emulzí Sikagard 703 W bez rozpouštědel na bázi kombinací silanu a siloxanu. Druhá část plochy bednění byla opatřena účinným separačním přípravkem s chemicko-fyzikálním působením na bázi speciálních lehkých syntetických olejů potlačující póry Sika TR 41. Oba výrobky byly vyrobeny společností Sika. Poloviny obou takto připravených částí plochy bednění byly u Receptur III a IV zaprášeny práškovým pigmentem a vyplněny čerstvou betonovou směsí. U receptur I a II byl práškový pigment smíchan s vodou a nanesen na bednění. Po 24 hodinách byly tělesa odformována. Vhodnější a lepší vizuální efekt splnil pigment rozmíchan ve vodě. Jeho intenzita zabarvení byla jasnější. Práškový pigment při styku s betonovou směsí vytvořil nevzhledné a nejasné linie.



Obr 50 Lokální probarvení receptura I

Práškový pigment se pro lepší manipulaci rozmíchal ve vodě. Intenzita barvy i možnost využití této metody při malování tvarů na povrch bednění může být použito pro praxi. Separací prostředek Sikagard 703 W vytvořil jasnější a kvalitnější betonový povrch.



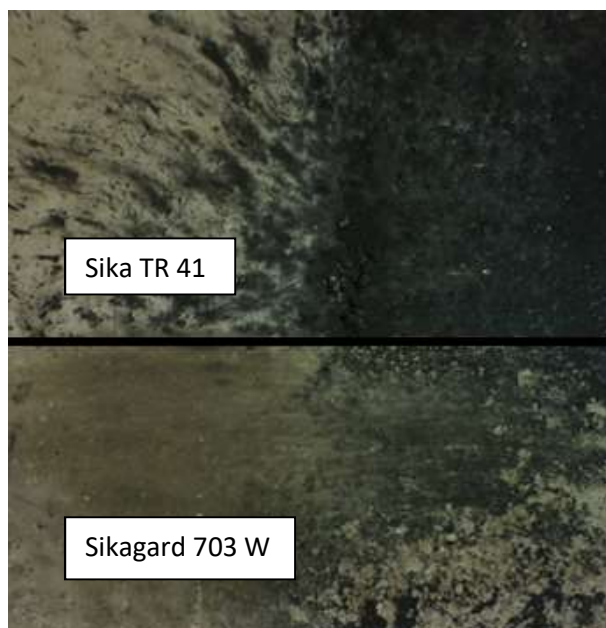
Obr. 51 Lokální probarvení receptura II

Kombinace receptury s bílým cementem a černým pigmentem může být skvělým architektonickým řešením. Práškový pigment dosáhl skvělé sytosti barvy po rozmíchání s vodou. Lepším separačním prostředkem pro tuto variantu je Sikagard 703 W.



Obr. 52 Lokální probarvení receptura III

Práškový pigment nanesený do bednění netvořil žádný tvar ani nebyl dostatečně barevně sytý. Kvalitnější betonová plocha vznikla díky prostředku Sikagard 703 W.



Obr. 53 Lokální probarvení receptura IV

I u této receptury se při použití práškového pigmentu pro lokální probarvení nebylo docíleno kvalitních výsledků. V průběhu plnění bednění betonem se pigment rozprášil po celé ploše a navytvořil tak žádný jasný tvar.

Tento styl nanášení pigmentu a vytváření barevných ploch pro architektonické betony může být novou možností pro vytváření nových a moderních staveb. Požadovaný tvar či barva ornamentu může být namalována přímo do bednění. Vytvoří tak zcela unikátní systém pro originální a nezaměnitelný styl malby na povrchu architektonických betonů. Pro nanášení bylo vhodnější smíchat černý pigment s malým množstvím vody, díky kterému se lépe pracovalo s nanášením na povrch bednění. Tento druh využití pigmentových barev může snížit množství pigmentů do celého objemu betonu a snížit tak jeho cenu.

6.4.4. Zkouška separačních prostředků na různé typy bednicích desek

Pro tuto zkoušku byly využity celkem 3 typy bednicích desek od firmy DOKA. Obchodní názvy těchto desek byly bříza/topol, ruská bříza a čínský topol. Lišily se především nasákavostí a byly vybrány dle kritérií nasákavá, nenasákavá a vytvářející hladký povrch. Bednění bylo opatřeno dvěma druhy separačních prostředků od

společnosti Sika. Prvním z nich byl účinný separační prostředek potlačující póry Sika TR 41. Jako další byl vybrán vodu odpuzující přípravek Sikagard 703 W.

Betonáž byla prováděna ve vertikální poloze na tělesech $300 \times 400 \times 50$ mm. Vybraná bednicí deska byla opatřena separačními nátěry, které byly nanášeny štětcem při běžné laboratorní teplotě. Připravené desky se uchytily do upínacích háků a bednění bylo vyplněno čerstvou betonovou směsí. Při míchání byl do čerstvé betonové směsi přidán přípravek pro eliminaci pórů z povrchu betonu Sika PerFin – 300. Odformování proběhlo po 24 hodinách a následně byl vzorek vizuálně posouzen.

6.4.4.1. Separální prostředky pro bednicí desku bříza/topol

Kombinovaná evropská překližka bříza/topol je charakteristická vysokou pevností a pružností. Tento druh bednicí desky je vhodný pro vytváření kvalitních betonových povrchů. Ve vhodné kombinaci se separačním prostředkem může vytvořit hladkou čistou plochu.



Obr. 54 Bednicí deska bříza/topol Receptura I

Bednicí deska pro z materiálu topol/bříza kooperovala lépe se separačním prostředkem Sika TR 41. Na jejím povrchu se nevytvořily žádné nevzhledné špinavé plochy. U separačního prostředku Sikagard 703 W byly zaznamenány tmavé mapy, proto by se tento druh bednicí desky neměl používat v kombinaci s tímto separačním prostředkem.



Obr. 55 Bednicí deska bříza/topol Receptura II

U Receptury II se na povrchu betonu vytvořily tmavé stopy. Pro možnost využití tohoto druhu bednicí desky v kombinaci s recepturou obsahující bílý cement by se mělo zvážit použití jiného separačního prostředku.



Obr. 56 Bednicí deska bříza/topol Receptura III

Receptura III s obsahem pigmentu se pro separační desku hodila téměř dokonale. Oba separační prostředky s touto deskou vytvořily kvalitní betonou plochu bez nečistot a pórů.



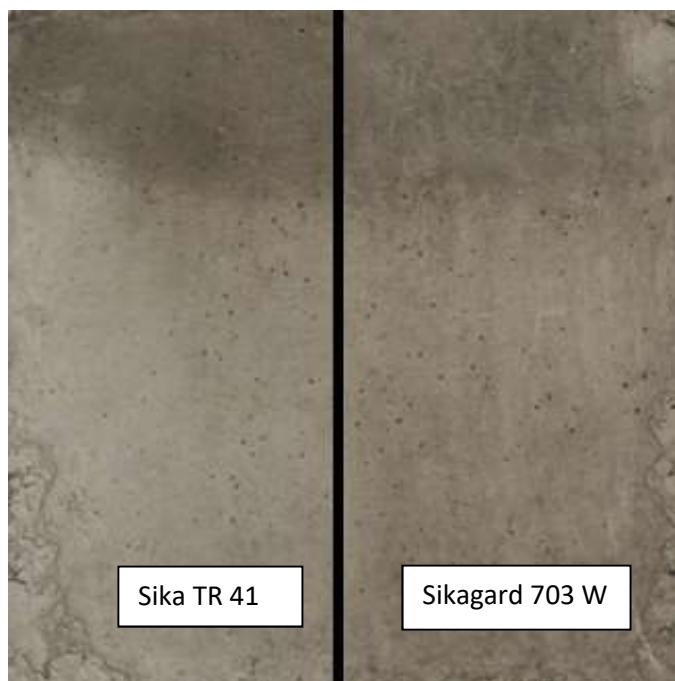
Obr. 57 Bednicí deska bříza/topol Receptura IV

U Receptury IV je patrné větší množství pórů a drobných světlých map na povrchu. Separální prostředek Sika TR 41 je vhodnějším prostředkem pro tuto bednicí desku.

Při nanášení separačních prostředků na povrch bednicích desek z materiálu bříza/topol nenastaly žádné problémy. Nátěr se do bednicí desky příliš nenasákl, a proto bylo po odbednění docíleno dobrého efektu. Separální prostředek vytvořil dobrou kontaktní vrstvu mezi bedněním a povrchem betonu. Žádná významná anomálie nevznikla ani v barvě výsledného betonového povrchu. Tato bednicí deska může být tedy používána pro výrobu architektonických betonů. Vhodnějším separačním prostředkem pro tuto desku byl vybrán prostředek potlačující póry Sika TR 41, u něhož vizuální efekt dosahoval lepších výsledků. Většina ploch byla bez nečistot či tmavých map na povrchu. Zamezeno do jisté míry bylo i tvorbě pórů na povrchu betonu.

6.4.4.2. Separální prostředky pro bednicí desku ruská bříza

Bednicí deska z ruské břízy je 15-ti vrstvá deska, která vyniká vysokou peností a pružností. Tento druh bednicích desek je vhodný pro výrobu pohledových betonů, mostních konstrukcí nebo při výrobě prefabrikátů.



Obr. 58 Bednicí deska ruská bříza Receptura I

Bednicí deska pro Recepturu I s kombinací separačních prostředků vytvořila na povrchu betonu tmavé oblasti. Lepší výsledek přinesl separační prostředek Sika TR 41.



Obr.59 Bednicí deska ruská bříza Receptura II

Pro Recepturu II byl vhodnějším separačním prostředkem pro bednicí desku z ruské břízy vybrán Sikagard 703 W, který vytvořil bělejší povrch bez tmavých ploch.



Obr.60 Bednicí deska ruská bříza Receptura III

Pro Recepturu III s obsahem pigmentu kooperace bednicí desky a obou separačních prostředků vyhověla spolehlivě. Na ploše nejsou znatelné nečistoty, barevné anomálie ani zvláštní obsah pórů.



Obr. 61 Bednicí deska ruská bříza Receptura IV

Bednicí deska se separačními prostředky i pro tuto recepturu vykázala kvalitní výsledky. Povrch je bez znatelných nerovností či barevných nestálostí.

Při nanášení separačních prostředků nevznikalo na povrchu desek z ruské břízy žádné výrazné nerovnoměrné nanesení přípravku. Oba dva separační prostředky vyhověly při zkoušení pro tento druh bednicí desky. Vytvořily dobrou a kvalitní mezivrstvu mezi bedněním a povrchem betonu. Po odbednění se na povrchu nevyskytovaly významné póry, byl zachován požadovaný vzhled, barva i tvar betonové plochy.

6.4.4.3. Separací prostředky pro bednicí desku čínský topol

Bednicí deska z čínského topolu má nižší mechanické vlastnosti a vodovzdornost než u předešlých vybraných bednicích desek. Tento druh desky se využívá pro běžné druhy betonáří či výrobě prefabrikovaných konstrukcí.



Obr. 62 Bednicí deska čínský topol Receptura I

Bednicí deska z čínského topolu se pro Recepturu I v kombinaci se zvolenými separačními prostředky příliš nehodila. Na povrchu betonu se vytvořily tmavé místa, která mohla být způsobena špatnou kombinací separačního prostředku a zvolené bednicí desky.



Obr. 63 Bednicí deska čínský topol Receptura II

Barevnost povrchu Receptury II s obsahem bílého cementu při použití separačního prostředku a desky nebyly nijak narušena, ale opět se na ploše vyskytovaly tmavé mapy a zvýšený obsah pórů.



Obr. 64 Bednicí deska čínský topol Receptura III

Receptura III s tmavým pigmentem kooperovala v kombinaci této bednicí desky a separačních prostředků dobře. Povrch je bez viditelných barevných změn a pórů.



Obr. 65 Bednicí deska čínský topol Receptura IV

Receptura IV a kombinace bednicí desky se separačními prostředky byla hodnocena kladně. Povrch neobsahoval nečistoty ani nadměrné množství pórů.

Oba separační prostředky se nanášely na bednicí desku bez problémů. Při betonáži nenastalo smývání separačních prostředků z bednicích desek. Výsledný betonový povrch však často obsahoval barevné nesrovnalosti či póry. Tento způsob kombinace separačních prostředků a bednicích desek je vhodný pro prefabrikovanou výrobu. Možnost použití separačních prostředků a bednicí desky pro architektonické betony by měla být zvážena či testována na větších reprezentativních plochách pro stanovení průkaznějších výsledků.

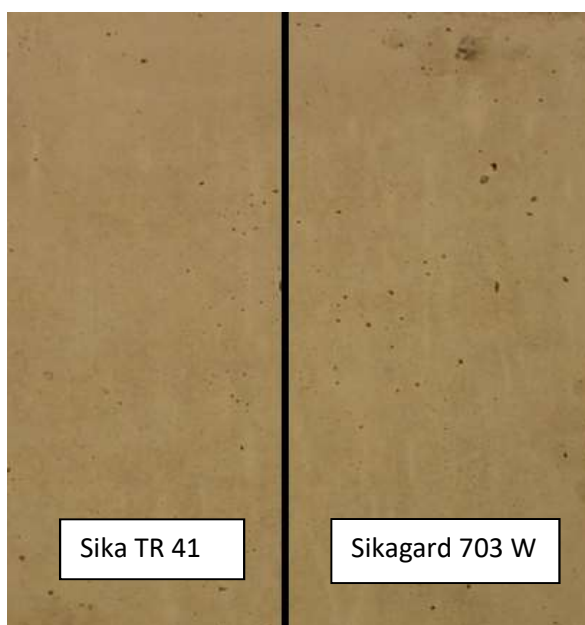
6.4.4.4. Separální prostředky pro ocelovou bednicí desku

Ocelové bednicí desky jsou tradiční a nejpoužívanější formou bednění. Jejich přednostmi jsou především vytvoření dokonale rovného a hladkého povrchu a jsou také velmi mechanicky odolné. Tento druh bednicích desek může být po řádném vyčištění a nanesení bednicího oleje opětovně používán.



Obr. 66 Ocelová bednicí deska Receptura I

Ocelová bednicí deska vytvořila se separačními prostředky hladkou plochu. Na povrchu byl zaznamenán zvýšený obsah pórů, které mohou být eliminovány přidavkem přísady redukující póry při tvorbě čerstvého betonu.



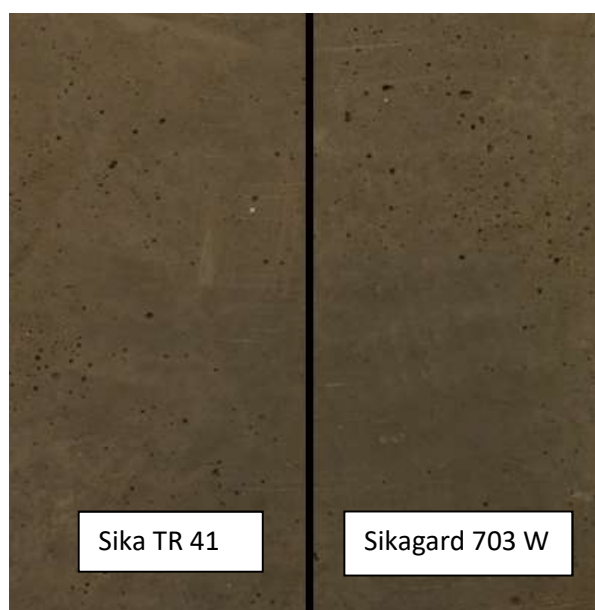
Obr.67 Ocelová bednicí deska Receptura II

Povrch betonu u Receptury II opět potvrdil dobrou kooperaci separačního prostředku a ocelové bednicí desky. Na povrchu se neobjevily žádné větší barevné nesrovnalosti.



Obr.68 Ocelová bednicí deska receptura III

U Receptury III se na povrchu betonu objevily světlé stopy, které mohly být způsobeny nedokonalým nanesením separačního prostředku na ocelovou bednicí desku. Póry se větší míře na povrchu nevyskytovaly.



Obr. 69 Ocelová bednicí deska Receptura IV

Ocelová bednicí deska pro Recepturu IV ve spojení se separačními prostředky vytvořila kvalitní hladký povrch. Nevýhodou však byl zvýšený obsah pórů na povrchu betonu.

Všechny typy zvolených bednicích desek vyhověly požadavkům pro vytváření architektonických betonů. Také oba dva typy separačních prostředků vytvořily kvalitní betonový povrch. U těchto bednicích systému však může nastat problém při nanášení separačního prostředku pomocí štětce, který má tendenci nepatrně stékat po hladké ocelové desce. Pro ocelové bednicí systémy je tedy vhodnější používat separační prostředky hutnější konzistence pro zamezení stékání prostředku po povrchu bednění. Pro eliminaci pórů na povrchu betonu je doporučena přidávat přísada potlačující vznik pórů na ztvrdlém povrchu betonu.

6.4.5. Podíl plochy pórů

Jedním z nejdůležitějších faktorů při výrobě architektonických betonů je výsledný efekt. Při výrobě je důraz kladen především na minimálním množství počtu nerovností a nepřesností povrchu. Nejčastějšími vadami povrchových ploch bývá velké množství pórů, které vytváří na povrchu betonu nevzhledné kaverny. V nich se mohou usazovat nečistoty nebo stagnovat voda, ale největším problémem jsou při vizuálním hodnocení.

Pro tuto zkoušku byly vytvořeny 4 horizontální tělesa o rozměrech 300 × 300 × 60 mm. Tělesa byly vloženy pod optický mikroskop a následně byly zvětšeny a vyfotografovány místa, které obsahovaly póry. Na fotografiích byla vytvořena rastrová mřížka pro lepší viditelnost a tvar pórů. Celkem byly zvětšeny a zachyceny 4 plochy pórů, které se lišily v celkovém obsahu pórů. Tento obsah pórů se měřil v procentech 0,3; 0,6; 0,9 a 1,2 % pórů z plochy povrchu betonu.

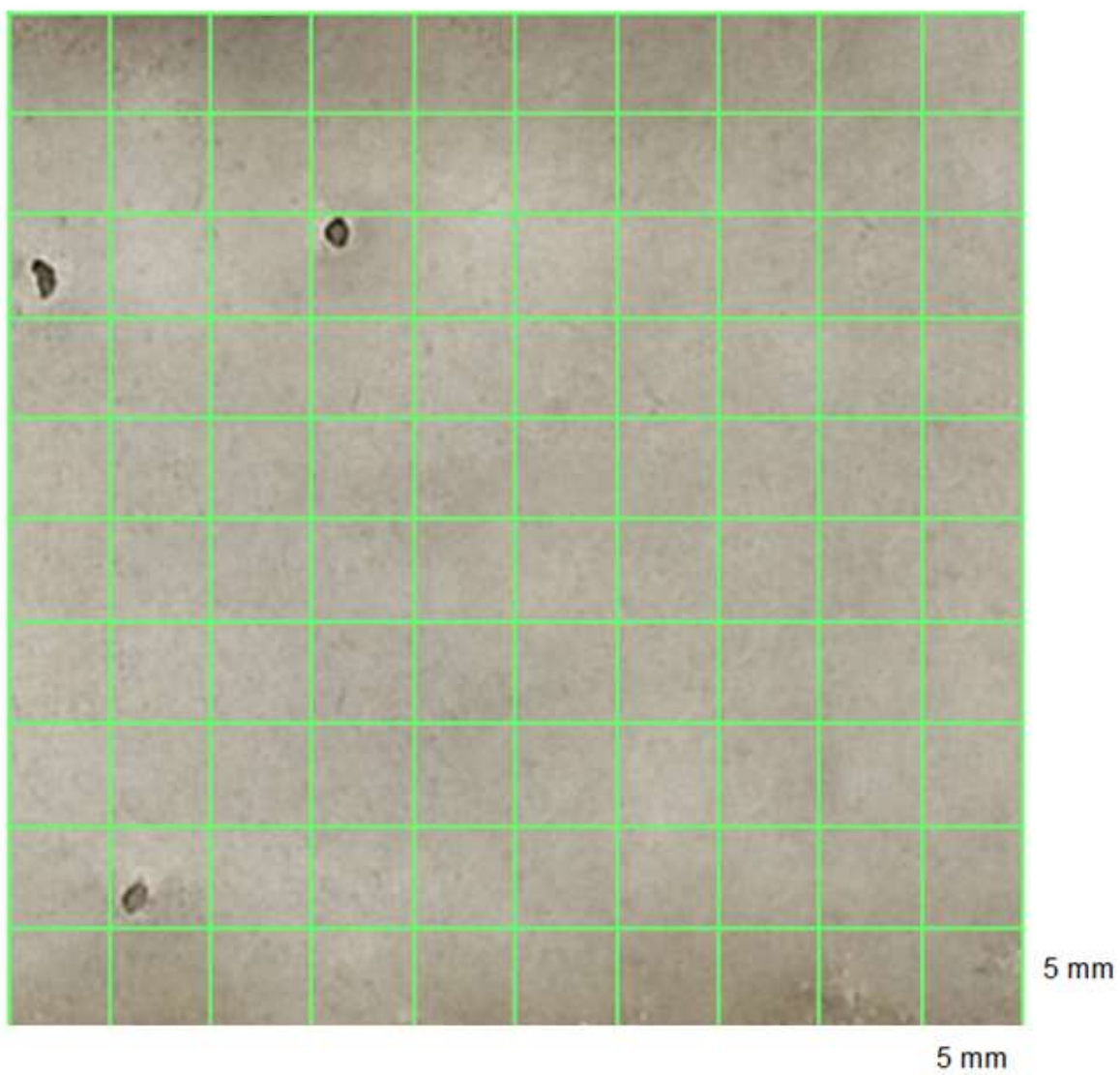
Tato zkouška byla vytvořena především pro možnost kategorizace plochy pórů a definování třídy pórovitosti. Technolog může díky této pomůcce snadno zařadit plochu do příslušné kategorie a díky tomu nabídnout produkt architektovi nebo investorovi.

$$\text{Podíl pórů} = \frac{\text{Celková plocha pórů v cm}^2 \times 100}{2500 \text{ cm}^2 \text{ (zkušební plocha)}}$$

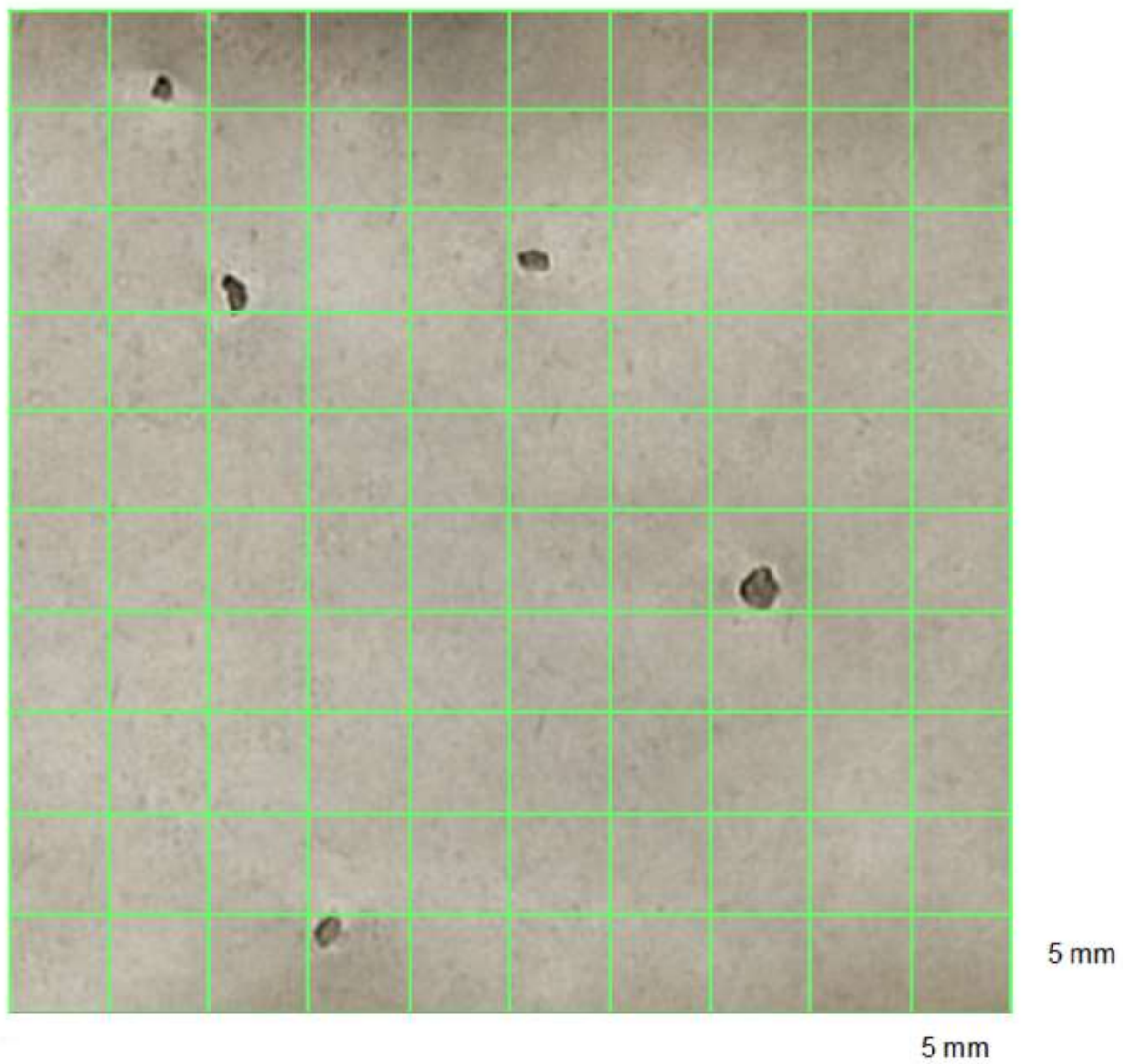
Třídy pórovitosti betonu	P4	S 0,3 % podíl pórů v průměru od 1 do 15 mm
	P3	S 0,6 % podíl pórů v průměru od 1 do 15 mm
	P2	S 0,9 % podíl pórů v průměru od 1 do 15 mm
	P1	S 1,2 % podíl pórů v průměru od 1 do 15 mm

Tab.13 Kritéria pórovitosti pro zařazení betonové plochy

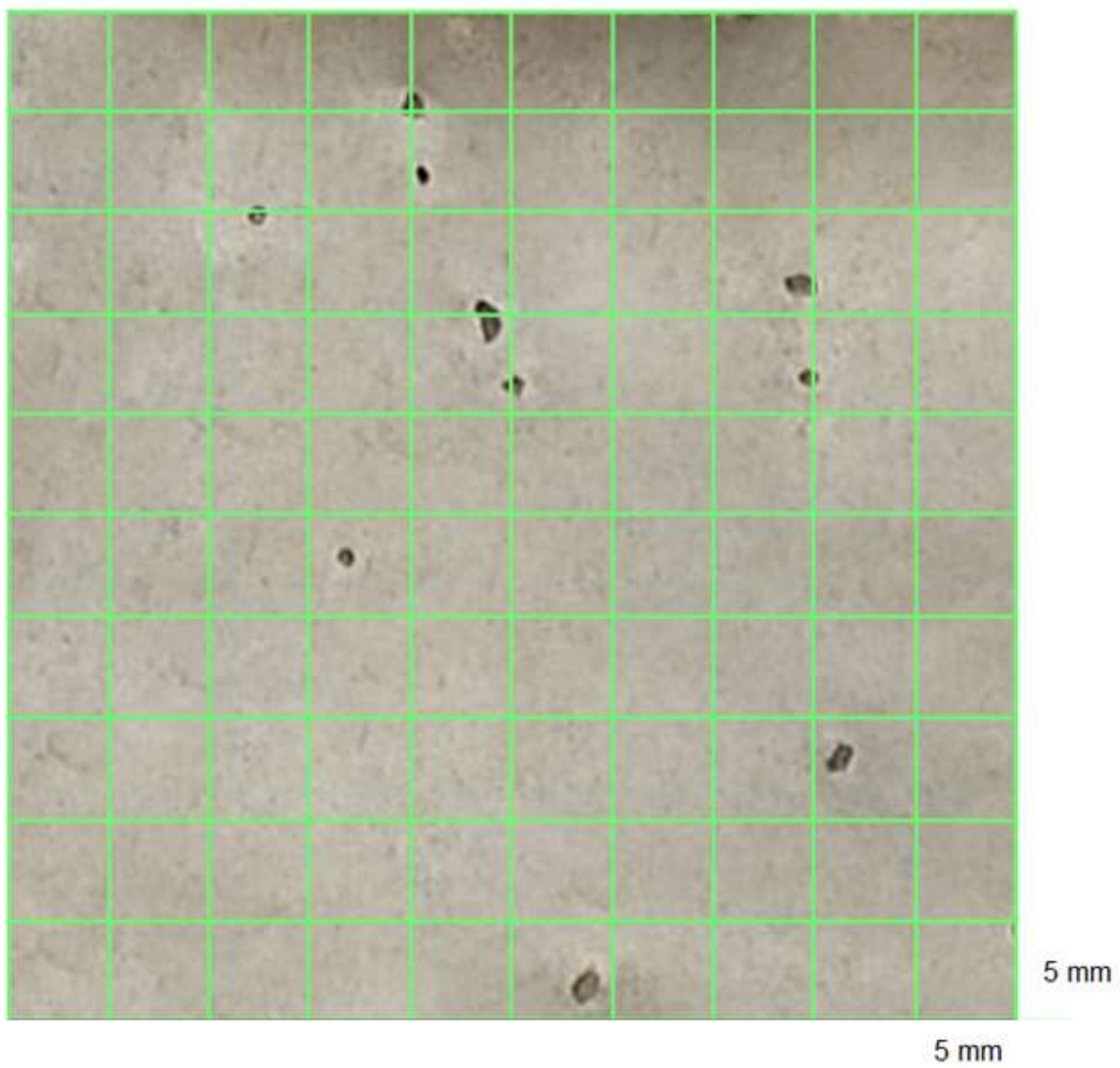
Kritérium pórovitosti	Pórovitost povrchu betonu			
	P1	P2	P3	P4
Plocha pórů [mm ²]	max. 3000	max. 2250	max. 1500	max. 750
Plocha pórů [%]	max. 1,2	max. 0,9	max. 0,6	max. 0,3



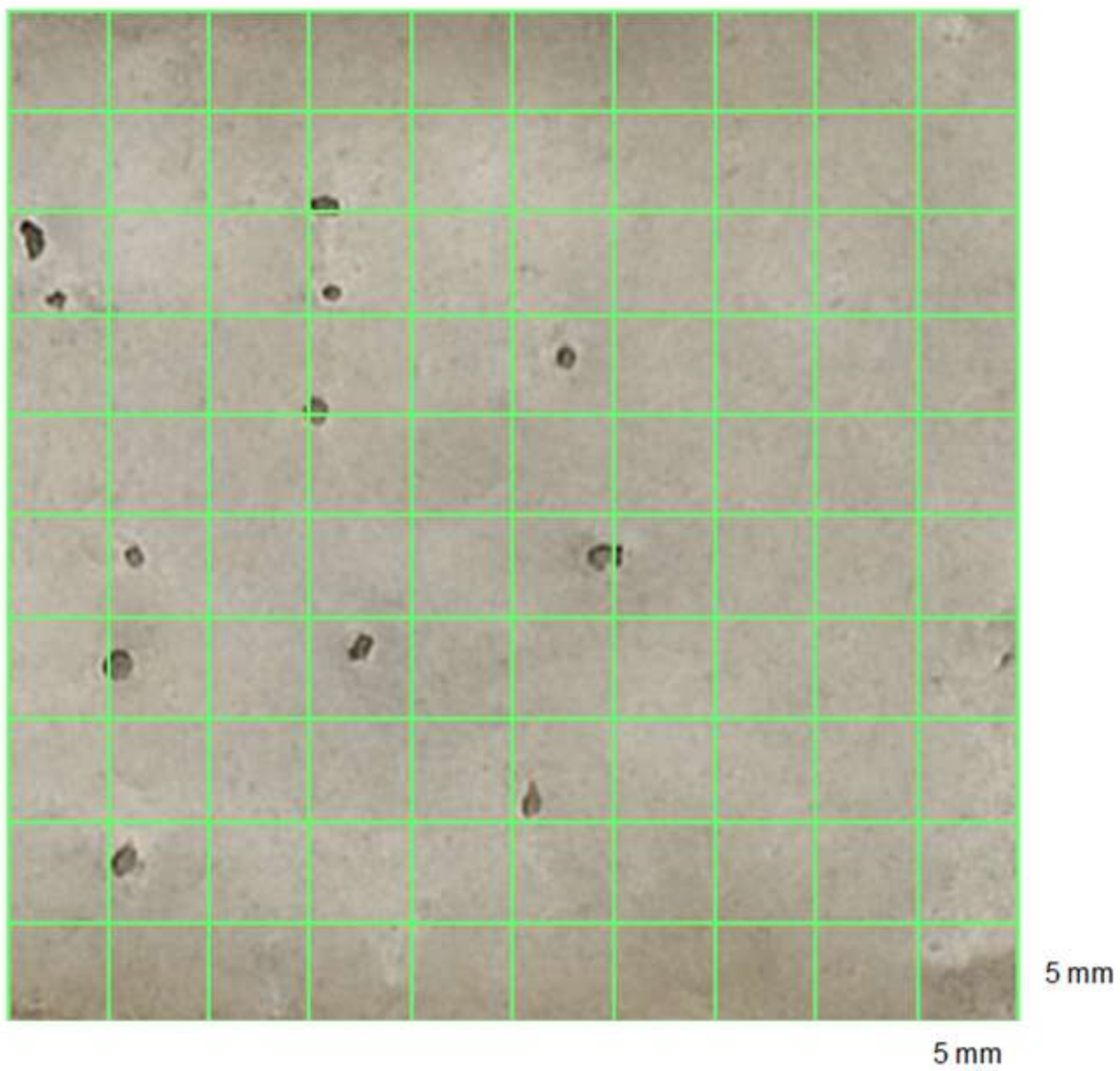
Obr. 70 Podíl plochy pólu 0,3%



Obr. 71 Podíl plochy pórů 0,6%



Obr. 72 Podíl plochy pórů 0,9%



Obr. 73 Podíl plochy pórů 1,2%

7. ZÁVĚR

Architektonický beton se v posledních letech stává čím dál více vyhledávaným stavebním materiálem. Jeho unikátnost je především v poskytnutí široké škály nejen tvarů, které může konstrukce získat, ale také barevné palety či struktury betonového povrchu. Při vhodném návrhu receptury a kvalitně provedené betonáži může architektonický beton dosáhnout skvělých vizuálních výsledků a dlouhé životnosti konstrukce.

V teoretické části diplomové práce byly popsány vlastnosti jednotlivých vstupních surovin, které mají zásadní vliv na kvalitu architektonických betonů. Kromě jejich charakteristických vlastností a druhů je popsáno také vhodné dávkování a výhody i nevýhody jejich použití. V dalších kapitolách byl popsán způsob manipulace s čerstvou betonovou směsí, ukládání do bednění, následné zhutnění a ošetřování povrchu ztvrdlého betonu. Závěrečná část teoretické práce shrnuje dosavadní známé druhy architektonických betonů, způsob jejich výroby a také příklady na již zrealizovaných stavbách.

V rámci praktické části byly navrženy různé druhy receptur pro architektonické betony. Zřetel při návrhu byla kladena především na různé druhy vstupních surovin a také na vhodnou konzistenci čerstvé betonové směsi. U ztvrdlého betonu byl důraz kladen na co nejmenší vznik pórů a nečistot na povrchu betonové plochy.

Experimentální část se věnovala jak standardním zkouškám dle předepsaných norem pro čerstvý a ztvrdlý beton tak nenormových zkouškám pro architektonický beton.

Při testování konzistence čerstvé betonové směsi se nejlépe pracovalo s recepturou IV se samozhutnitelných betonů. Čerstvá betonová směs se snadno ukládala do připraveného bednění a žádným výrazným způsobem nesmývala připravené separační prostředky nebo zpomalovače tuhnutí z bednění. Ve zkoušce pevnosti tlaku po 28 dnech dosáhla nejlepších výsledků Receptura II (40 MPa), která obsahovala vyšší množství cementu. Výborných výsledků dosáhla i Receptura IV (39 MPa), u které byl použit jiný druh kameniva než u předešlých receptur.

V rámci výroby grafických betonů byly testovány různé druhy zpomalovačů tuhnutí. Experiment prokázal, že vhodnější formou nanášení zpomalovačů tuhnutí bylo použití stříkací pistole, kdy se zpomalovač rovnoměrně rozprostřel na kontaktní plochu bednění. Výhodou byla také nižší spotřeba materiálu. Díky kvalitním přípravkům stačila při nanášení pouze jedna vrstva zpomalovače tuhnutí. Při tvorbě individuálních motivů

pro vytváření grafického betonu se lépe pracovalo při nanášení zpomalovače tuhnutí štětcem. Po odbednění se ukázalo, že zvolené typy zpomalovačů tuhnutí vytvářejí jasné a zřetelnější linie při tvorbě čar nebo rovnoramenných obrazců. Problémy nastaly u vytváření kruhových a oválných linií, kdy zpomalovač tuhnutí nepůsobil dostatečně. Pro vytváření takového druhu linií je třeba zvážit jiný druh zpomalovače tuhnutí či bednicího systému. Kapitola grafických betonů se dále zabývala také zkoušením savých vložek do bednění. Nejlepší vizuální výsledky byly zaznamenány u juty, která vytvořila v kombinaci s betonem zajímavý kontrast. Na povrchu betonu bylo zaznamenáno minimální množství pórů. Povrch betonu nebyl savou vložkou nijak znehodnocen nebo porušen. Savé vložky z netkané textilie a rouna nepřispěly k možnosti jejich použití pro architektonické betony.

Při testování vymývaných povrchů bylo dosaženo skvělých výsledků díky používání betonové kosmetiky Hebau. U způsobů vymývání povrchů byla lépe hodnocena vysokotlaká myčka, která vymyla povrch v krátkém časovém intervalu a do požadované hloubky. Tento způsob byl také jednodušší na obsluhu a bylo u něj spotřebováno menší množství vody. Vymytí všech receptur vždy proběhlo do požadované hloubky a byly zachovány ostré a jasné kontury.

Lokální probarvení přináší nové možnosti použití barvení pro unikátní druhy betonových konstrukcí. Experiment ukázal, že pigment smíchaný s nízkým obsahem vody může být jako hustá barva nanášen do bednění v různých ornamentech či tvarech. Tento způsob architektonických betonů může omezit množství použitého pigmentu do celého objemu materiálu a zbarvit betonový povrch jen v požadovaných místech. Pigmentová barva se nejlépe nanášela pomocí štětce. Pro praxi se tento způsob barvení může využít při realizace prefabrikovaných dílů.

Pro zkoušení různých typů bednicích desek vyhověly všechny použité bednicí desky i ocelové bednění v kombinaci s použitými separačními prostředky společnosti Sika. V testování nejlépe uspěla deska z ruské břízy. Separční prostředky se na tuto desku snadno a dobře nanášely. Na výsledném betonovém povrchu nebylo zaznamenáno větším množství pórů nebo nečistot. Ocelové bednicí desky byly problémové při nanášení separačních prostředků. Pro jejich použití by měl být zvolený jiný druh separačního prostředku.

V závěrečné části práce byl testován podíl plochy pórů při výrobě architektonických betonů. Tato kategorizace může sloužit pro lepší komunikaci mezi

architektem, projektantem, technologem betonu a investorem při jasném definování podílu plochy pórů.

Možnosti a stálé zdokonalování technologií otvírá nové způsoby, jak architektonický beton zdokonalovat a vytvářet stále větší, úchvatnější a kreativnější stavební díla a konstrukce.

8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] HELA, Rudolf, Šrůma Vlastimil. *Pohledový beton: technická pravidla ČBS 03*. 1. vyd. Praha: ČBS Servis, 2009, 60s. ISBN 978-80-87158-17-3.
- [2] MARKO, Ladislav. *Architektonický betón*. 1. vyd. Bratislava: Alfa, 1989, 312 s. ISBN 80-05-00137-1.
- [3] MARGOLDOVÁ, Jana. *Povrchy betonu*. Beton TKS. 2008, roč.8, č. samostatná příloha časopisu, 121s. ISSN 1213-3116.
- [4] HALL, William. *Concrete*. 1. vyd. KOREN, Leonard. London: Phaidon Press, 2012. 122 s. ISBN 978 0 7148 6354 2
- [5] CASAN, José Jovéna. *Architecture materials, Concrete, béton, beton*. 1.vyd. Koln: Evergreen, 2008. 97 s. ISBN 978-3-8365-0451-5
- [6] HINC, Anna. *Concrete creations, Conterporary Buildings and Interiors*. 1.vyd. Berlín: Verlagshaus Braun, 2008. 122 s. ISBN 978-3-938780-32-9
- [7] BENNETT, David. *Architectural Insitu Concrete*. 1.vyd. London: RIBA Publishing, 2007. 145 s. ISBN 978 1 85946 259 1
- [8] STACEY, Michael. *Concrete a studio design guide*. 1 vyd. London: RIBA Publishing, 2011. 143 s. ISBN 978 1 85946 334 5
- [9] SIKA. *Separační prostředky*. [online]. [cit. 2017-28-11]. Dostupný z WWW: <https://cze.sika.com/cs/produkty_a_reseni/stavebnictvi/02a001/02a001sa05.html>.
- [10] L. HACKEY, Amy and A. McDONALD James, *Architectural Concrete, Stratiefies to maintain appearance and limit water instusion*, The Concrete Producer. [online]. 28.7.2015. [cit. 2017-08-10]. Dostupný z WWW: <http://www.theconcreteproducer.com/how-to/architectural-concrete_o>.
- [11] PERI. *Architectural Concrete – Modern Language of Architects*. [online]. [cit. 2017-12-10]. Dostupný z WWW: <<https://www.peri.com/en/knowledge/architectural-concrete.html>>.

- [12] PCA. America's Cement Manufactures. Architectural and Decorative Concrete. [online]. [cit. 2017-18-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.cement.org/cement-concrete-applications/products/architectural-and-decorative-concrete>>.
- [13] Graphic concrete. *About company*. [online]. [cit. 2017-02-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.graphicconcrete.com/en/company/about-company/>>.
- [14] Reid. *What is graphic concrete*. [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupný z WWW: <http://www.reid.com.au/Reid_Services/Reid_products/Architectural_Solutions/graphic_concrete1.aspx>.
- [15] Archi Expo. Styl-Comp. *Surface Design Awards Supreme Winner 2015: Ospedale Giovanni XXIII Chapel*. [online]. [cit. 2017-01-11]. Dostupný z WWW: <http://trends.archiexpo.com/styl-comp/project-59272-214675.html>>.
- [16] The Constructor, Civil Engineering Home. *Transparent (light transmitting concrete)*. [online]. [cit.2017-10-10]. Dostupný z WWW: <<https://theconstructor.org/concrete/transparent-concrete-light-transmitting-concrete/9271/>>.
- [17] Illumin. *Translucent Concrete: An Emerging Material*. [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupný z WWW: <<http://illumin.usc.edu/245/translucent-concrete-an-emerging-material/>>.
- [18] V2COM. *A world-wide unique facade made of LUCEM light transmitting concrete in Abu Dhabi*. [online]. [cit. 2017-20-10]. Dostupný z WWW: <<https://www.v2com-newswire.com/en/newsroom/categories/institutional-architecture/press-kits/964-03/a-world-wide-unique-facade-made-of-lucem-light-transmitting-concrete-in-abu-dhabi>>.
- [19] SULLIVAN, Chris. Concrete network.com. *Understanding colored concrete*. [online]. [cit. 2017-05-11]. Dostupný z WWW: <https://www.concretenetwork.com/chris_sullivan/colored_concrete.htm>.
- [20] Direct colors. *Concrete Pigments for Integrally-Collored Decorative Concrete Applications*. [online]. [cit. 2017-14-11]. Dostupný z WWW: <<https://www.directcolors.com/concrete-pigments/>>.

- [21] Concrete network.com. *How to expose the aggregate*. [online]. [cit. 2017-26-10]. Dostupný z WWW: <https://www.concretenetwork.com/concrete/exposedaggregate/how_to_expose.html>.
- [22] Joburg. *FNB Stadium wins awards*. [online]. [cit. 2017-30-10]. Dostupný z WWW: <https://joburg.org.za/index.php?option=com_content&id=5719&Itemid=340>.
- [23] *Concrete, portland cement, reinforced concrete, cement kiln, fly ash, types of concrete, voided biaxial slab, concrete canoe, sodium silicate, plasticizer, protection of exposed concrete, rebar, precast concrete, properties of concrete, lunarcrete, pykrete*. 1 vyd. Memphis: Books LLC, 2011. 170 s. ISBN 9781157318934
- [24] Hering Architextural Concrete. *Matrix formwork technology*. [online]. [cit. 2017-30-10]. Dostupný z WWW: <<https://www.heringinternational.com/en/products-services/architectural-concrete/surface-design/matrix-formwork/>>.
- [25] AVSO.ORG Interior Design Ideas. *Countertop with concrete look – kitchen countertops made of concrete – advantages and disadvantages*. [online]. [cit. 2017-1-12]. Dostupný z WWW: <<https://www.avso.org/interior-design-ideas/countertop-with-concrete-look-kitchen-countertops-made-of-concrete-advantages-and-disadvantages>>.
- [26] Pinterest. *Concrete lighting, concrete light, light fixtures*. [online]. [cit. 2017-1-12]. Dostupný z WWW: <<https://www.pinterest.com/pin/315252042648832258/>>.
- [27] Lowe's. *Easy to Make Concrete Vases*. [online]. [cit. 2017-2-12]. Dostupný z WWW: <<https://www.lowes.com/creative-ideas/decorate-and-entertain/easy-to-make-concrete-vases/project>>.
- [28] Crowdyhouse. *Modern concrete desk accessories kit*. [online]. [cit. 2017-2-12]. Dostupný z WWW: <<https://crowdyhouse.com/shop/modern-concrete-desk-accessories-kit/>>.
- [29] HELA, Rudolf. *Technologie betonu I*. 1 vyd. Brno: VUT FAST, 2005. 110 s.

- [30] HELA, Rudolf. Technologie betonu II. 1. vyd. Brno: VUT FAST, 2007. 148 s.
- [31] ČSN EN 12620 + A1. *Kamenivo do betonu*. Český normalizační institut, 2008.
- [32] ČSN EN 197-1 *Cement – část 1: Složení, specifikace a kritéria shody cementů pro obecné použití*. Český normalizační institut
- [33] ČSN EN 1008 *Záměšová voda do betonu*, Český normalizační institut
- [34] ČSN EN 934-2 + A1 *Přísady do betonu, malty a injektážní malty*. Český normalizační institut
- [35] ČSN EN 12878 *Pigmenty pro probarvování stavebních materiálů na bázi cementu a/nebo vápna – Specifikace a zkušební postupy*. Praha. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.
- [36] ČSN EN 13670 čl. 8.4. *Ukládání a zhutňování*. Český normalizační úřad.
- [37] ČSN EN 13670 čl. 8.5. *Ošetřování a ochrana*. Český normalizační úřad
- [38] ČSN EN 12350–2 *Zkoušení čerstvého betonu – část 2: Zkouška sednutím*. Praha. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [39] ČSN EN 12350–5 *Zkoušení čerstvého betonu – část 5: Zkouška rozlitím*. Praha. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [40] ČSN EN 12350-6 *Zkoušení čerstvého betonu – část 6: Objemová hmotnost*. Praha. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [41] ČSN EN 12 390 – 3, *Zkoušení ztvrdlého betonu – část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles*. Praha. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [42] ČSN EN 12 390 – 7, *Zkoušení ztvrdlého betonu – část 7: Objemová hmotnost ztvrdlého betonu*. Praha. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.

9. SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Hutnění betonové směsi ponorným vibrátorem</i>	18
<i>Obr. 2 Interiér kaple svatého Opedale Giovanniho XXIII</i>	23
<i>Obr. 3 Čelní pohled kaple</i>	23
<i>Obr. 4 Pohled na fasádní bloky mešity al Aziz</i>	25
<i>Obr. 5 Mešita Al Aziz</i>	25
<i>Obr. 6 Pohled na barevnou fasádu FNB stadionu</i>	27
<i>Obr. 7 Pohled na FNB stadion</i>	28
<i>Obr. 8 Vymývaný betonový povrch</i>	29
<i>Obr. 9 Povrch betonu leptaný kyselinou</i>	30
<i>Obr. 10 Povrchy betonu vytvořené pomocí reliéfních matri</i>	31
<i>Obr. 11 Kuchyň s betonovými prvky</i>	32
<i>Obr. 12 Betonová stínidla lamp</i>	33
<i>Obr. 13 Betonové vázy</i>	33
<i>Obr. 14 Betonový stojan</i>	33
<i>Obr. 15 Nanesení zpomalovačů tuhnutí na bednění</i>	47
<i>Obr. 16 Povrch betonu opatřený zpomalovačem tuhnutí VP 01</i>	48
<i>Obr. 17 Povrch betonu opatřený zpomalovačem tuhnutí VP 1</i>	49
<i>Obr. 18 Povrch betonu opatřený zpomalovačem tuhnutí VP 25</i>	49
<i>Obr. 19 Povrch betonu opatřený zpomalovačem tuhnutí VP 70</i>	50
<i>Obr. 20 Povrch betonu opatřený zpomalovačem tuhnutí Microgel</i>	50
<i>Obr. 21 Grafický beton Receptura I</i>	51
<i>Obr. 22 Grafický beton Receptura II</i>	52
<i>Obr. 23 Grafický beton Receptura III</i>	52
<i>Obr. 24 Grafický beton Receptura IV</i>	53
<i>Obr. 25 Betonový povrch s jutovou vložkou pro Recepturu I</i>	55
<i>Obr. 26 Betonový povrch s jutovou vložkou pro Recepturu II</i>	55
<i>Obr. 27 Betonový povrch s jutovou vložkou pro Recepturu III</i>	56
<i>Obr. 28 Betonový povrch s jutovou vložkou pro Recepturu IV</i>	56
<i>Obr. 29 Betonový povrch s netkanou textilní vložkou pro Recepturu I</i>	57
<i>Obr. 30 Betonový povrch s netkanou textilní vložkou pro Recepturu II</i>	58
<i>Obr. 31 Betonový povrch s netkanou textilní vložkou pro Recepturu III</i>	58
<i>Obr. 32 Betonový povrch s netkanou textilní vložkou pro Recepturu IV</i>	59

<i>Obr. 33 Betonový povrch s rounovou vložkou pro Recepturu I</i>	60
<i>Obr. 34 Betonový povrch s rounovou vložkou pro Recepturu II</i>	60
<i>Obr. 35 Betonový povrch s rounovou vložkou pro Recepturu III</i>	61
<i>Obr. 36 Betonový povrch s rounovou vložkou pro Recepturu IV</i>	61
<i>Obr. 37 Povrch betonu s jutovou vložkou ve vertikální poloze pro Recepturu I</i>	62
<i>Obr. 38 Povrch betonu s netkanou textilní vložkou ve vertikální poloze pro Recepturu I</i>	63
<i>Obr. 39 Povrch betonu s odhalenou netkanou textilní vložkou ve vertikální poloze pro Recepturu I</i>	63
<i>Obr. 40 Povrch betonu s rounovou vložkou ve vertikální poloze pro Recepturu I</i>	64
<i>Obr. 41 Povrch betonu s odhalenou rounovou vložkou ve vertikální poloze pro Recepturu I</i>	64
<i>Obr. 41 Nanášení deaktivátoru betonového povrchu na bednění</i>	66
<i>Obr. 43 Bednění opatřeno deaktivujícím nátěrem</i>	66
<i>Obr. 44 Vysokotlaká myčka HW112</i>	67
<i>Obr. 45 Vykartáčovaný povrch vymytý pomocí vodní pistole</i>	68
<i>Obr. 46 Vymytí povrchů u Receptury I</i>	68
<i>Obr. 47 Vymytí povrchů u Receptury II</i>	68
<i>Obr. 48 Vymytí povrchů u Receptury III</i>	69
<i>Obr. 49 Vymytí povrchů u Receptury IV</i>	69
<i>Obr. 50 Lokální probarvení receptura I</i>	70
<i>Obr. 51 Lokální probarvení receptura II</i>	71
<i>Obr. 52 Lokální probarvení receptura III</i>	71
<i>Obr. 53 Lokální probarvení receptura IV</i>	72
<i>Obr. 54 Bednicí deska bříza/topol Receptura I</i>	73
<i>Obr. 55 Bednicí deska bříza/topol Receptura II</i>	74
<i>Obr. 56 Bednicí deska bříza/topol Receptura III</i>	74
<i>Obr. 57 Bednicí deska bříza/topol Receptura IV</i>	75
<i>Obr. 58 Bednicí deska ruská bříza Receptura I</i>	76
<i>Obr. 59 Bednicí deska ruská bříza Receptura II</i>	76
<i>Obr. 60 Bednicí deska ruská bříza Receptura III</i>	77

<i>Obr. 61 Bednicí deska ruská bříza Receptura IV</i>	77
<i>Obr. 62 Bednicí deska čínský topol Receptura I</i>	78
<i>Obr. 63 Bednicí deska čínský topol Receptura II</i>	79
<i>Obr. 64 Bednicí deska čínský topol Receptura III</i>	79
<i>Obr. 65 Bednicí deska čínský topol Receptura IV</i>	80
<i>Obr. 66 Ocelová bednicí deska Receptura I</i>	81
<i>Obr. 67 Ocelová bednicí deska Receptura II</i>	81
<i>Obr. 68 Ocelová bednicí deska receptura III</i>	82
<i>Obr. 69 Ocelová bednicí deska Receptura IV</i>	82
<i>Obr. 70 Podíl plochy pólů 0,3%</i>	85
<i>Obr. 71 Podíl plochy pórů 0,6%</i>	86
<i>Obr. 72 Podíl plochy pórů 0,9%</i>	87
<i>Obr. 73 Podíl plochy pórů 1,2%</i>	88

10. SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Typy a dávkování plastifikačních přísad</i>	17
<i>Tab. 2 Typy, dávkování a nanášení separačních prostředků</i>	21
<i>Tab. 3 Složení betonové směsi pro Recepturu I</i>	39
<i>Tab. 4 Složení betonové směsi pro Recepturu II</i>	40
<i>Tab. 5 Složení betonové směsi pro Recepturu III</i>	41
<i>Tab. 6 Složení betonové směsi pro Recepturu IV</i>	43
<i>Tab. 7 Výsledky konzistence čerstvého betonu u jednotlivých receptur</i>	44
<i>Tab. 8 Výsledky objemové hmotnosti čerstvého a ztvrdlého betonu jednotlivých receptur</i>	45
<i>Tab. 9 Výsledky pevnosti v tlaku po 28 dnech u jednotlivých receptur</i>	46
<i>Tab. 10 Vlastnosti separačních prostředků</i>	48
<i>Tab. 11 Typ a charakteristika savých vložek</i>	54
<i>Tab. 12 Typ a vlastnosti deaktivátoru betonového povrchu</i>	65
<i>Tab. 13 Kritéria pórovitosti pro zařazení betonové plochy</i>	84

11. SEZNAM GRAFŮ

<i>Graf 1 Konzistence čerstvého betonu</i>	44
<i>Graf 2 Objemová hmotnost čerstvého a ztvrdlého betonu</i>	45
<i>Graf 3 Pevnost v tlaku po 28 dnech</i>	46