

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA STAVEBNÍ
Katedra technologie staveb



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
Problematika pohledových betonů se
zaměřením na barevné v ČR

Ondřej Boroš
2018

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Pavel Svoboda, CSc.

Prohlašuji, že jsem předkládanou bakalářskou práci vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze

Ondřej Boroš

Rád bych na tomto místě poděkoval panu doc. Ing. Pavlu Svobodovi, CSc. za odborné vedení, cenné rady a věcné připomínky při zpracování mé bakalářské práce.

Dále bych rád poděkoval paní Ing. Miladě Mazurové za cenné rady a pomoc při výrobě vzorků.



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební
Tháškova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Boroš</u>	Jméno: <u>Ondřej</u>	Osobní číslo: <u>438123</u>
Zadávací katedra: <u>K122 - Katedra technologie staveb</u>		
Studijní program: <u>SI</u>		
Studijní obor: <u>Příprava, realizace a provoz staveb</u>		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: <u>Problematika pohledových betonů se zaměřením na barevné v ČR</u>	
Název bakalářské práce anglicky: <u>The issue of fair-faced concrete with a focus on colored concrete in Czech Republic</u>	
Pokyny pro vypracování: Rešerše současné problematiky pohledových betonů se zaměřením na barevné Legislativa v ČR Zásady technologie výroby probarveného betonu pro pohledové betony Vady a nedostatky u pohledových betonů a zásady objektivního posuzování V případě reálné možnosti provést návrh probarveného betonu na konkrétní stavbu	
Seznam doporučené literatury: HELA, Rudolf a Vlastimil Šrůma. Pohledový beton: Technická pravidla ČBS 03 1. vyd. Praha: ČBS Servis, 2009 Povrchy betonu, Praha: Beton TKS, 2008 PYTLÍK, Petr Technologie betonu. Brno: Vysoké učení technické, 1997	
Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>doc. Ing. Pavel Svoboda, CSc.</u>	
Datum zadání bakalářské práce: <u>2.3.2018</u>	Termín odevzdání bakalářské práce: <u>27.5.2018</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
_____	_____
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<i>Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.</i>	
_____	_____
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

Anotace

Autor se v této práci zabýval problematikou probarvených pohledových betonů a jeho snahou bylo přiblížit problematiku tohoto tématu. Stručně specifikoval hlavní faktory, které vstupují do samotné výroby čerstvého betonu, ukládání betonu. V praktické části si vyzkoušel výrobu referenčních vzorků probarveného betonu a poukázal na hlavní problémy, na které je potřeba se zaměřit v přípravné fázi a při samotné realizaci projektu.

Klíčová slova

beton, pohledový, probarvený, pigment, barvivo

Annotation

In this thesis the author dealt with the problem of colored fair-faced concrete and his aim was to approach the issue of this topic. Author briefly specified the main factors that influence the production of fresh concrete and the storage of concrete. In the practical part he tried to produce reference samples of colored fair-faced concrete and point out the main problems that need to be addressed in the preparatory phase and in the project itself.

Keywords

concrete, fair-faced, colored, pigment, dye

Obsah

Úvod.....	- 9 -
1. Pohledový beton.....	- 10 -
1.1. Třídy pohledového betonu dle TP ČBS 03.....	- 11 -
2. Probarvený beton.....	- 17 -
2.1. Cement.....	- 20 -
2.2. Kamenivo.....	- 22 -
2.3. Přísady.....	- 23 -
2.3.1. Plastifikační.....	- 23 -
2.3.2. Superplastifikační.....	- 23 -
2.3.3. Urychlující.....	- 24 -
2.3.4. Zpomalující.....	- 24 -
2.3.5. Stabilizační.....	- 25 -
2.3.6. Provozdušňující.....	- 25 -
2.3.7. Shrnutí přísady.....	- 25 -
2.4. Příměsi.....	- 26 -
2.4.1. Inertní.....	- 26 -
2.4.1.1. Fillery.....	- 26 -
2.4.1.2. Pigmenty.....	- 26 -
2.4.2. Pucolány nebo latentně hydraulické příměsi.....	- 30 -
2.5. Bednění.....	- 31 -
2.5.1. Plášť bednění.....	- 31 -
3. Vad a nedostatky.....	- 34 -
3.1. Zásady hodnocení.....	- 34 -
3.2. Závady pohledového betonu.....	- 34 -
4. Antracitový beton.....	- 36 -
4.1. Zadání.....	- 36 -
4.2. Bednění.....	- 38 -
4.3. Složení první sady vzorků.....	- 39 -
4.3.1. Výroba a ukládání čerstvého betonu.....	- 41 -
4.3.2. Výsledky zkoušek a hodnocení barvy.....	- 45 -
4.3.2.1. Mechanické zkoušky.....	- 45 -
4.3.2.2. Vizuální vlastnosti.....	- 47 -
4.4. Složení druhé sady vzorků.....	- 49 -
4.5. Porovnání vzorků.....	- 52 -

ZÁVĚR.....	- 54 -
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ.....	- 56 -
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	- 57 -
SEZNAM TABULEK.....	- 58 -
SEZNAM GRAFŮ.....	- 59 -

Úvod

Pohledový beton za posledních 10 let zažívá u nás v České republice velký průlom, mnoho staveb bylo zrealizováno právě s využitím povrchu betonu jako jeho finální podobou. Dnes se již setkáváme s faktem, že se na povrch betonu klade požadavek na „pohledovost“, i když tak není v projektové dokumentaci označován. Je to způsobeno mnoholetými zkušenostmi betonářských firem, které díky technologické kázni dosahují pohledového betonu už jako standardu.

K jeho tématu už toho bylo hodně napsáno, i když stále nebyly vytvořeny normy, dle kterých by byly specifikace, kritéria a způsob hodnocení zakořeněny. Celá tato problematika se prohlubuje přidáním barviva, pro změnu barevnosti materiálu, který známe v odstínech šedé. Jelikož vnímání barev je čistě subjektivní schopnost každého jedince. Nejen ve světě, ale i u nás se již realizovali stavby z probarveného pohledového betonu, např. Nová scéna Divadla Josefa Kajetána Tyla v Plzni s její cihlově červenou fasádou.

1. Pohledový beton

Přidáním přídavného jména „*pohledový*“ ke slovu beton, se tomuto běžně užívanému stavebnímu materiálu přidá hodnota, která má plnit architektonický záměr projektanta, popřípadě architekta, a to především geometrický tvar, strukturu, texturu a barvu povrchu. Jsou to prvky betonové konstrukce, které po dobu užívání stavby budou přiznané, nepřekryté jiným materiálem, ale mohou mít vhodnou technologií upravený povrch.

V zahraniční literatuře a stavební praxi se lze setkat s množstvím pojmů a definic vyjadřujících víceméně ekvivalent pojmu pohledový beton. Jsou jimi např.:

- **Fair-face concrete** (angl.) – běžný překlad: *režný, neomítaný beton*

Jsou tak označovány všechny typy pohledových betonových povrchů, režné i upravované plochy betonů bílých, šedých i barevných ve hmotě.

- **Exposed concrete** (angl.) – běžný překlad: *odkrytý, nechráněný beton*

Jsou tak označovány všechny typy pohledových betonových povrchů, režné i upravované plochy betonů bílých, šedých i barevných ve hmotě.

- **Sichtbeton** (něm.) – běžný překlad: *pohledový, dekorativní beton*

Je tak označován pohledový beton režný i upravovaný, a to beton z cementů šedých, bílých i barevných ve hmotě.

- **Architectural concrete** (angl.) – běžný překlad: *architektonický beton*

Je tak označován beton šedý, bílý i barevný, s režným povrchem (otisk bednění) nebo s povrchem upraveným v souladu s architektonickým návrhem.

- **Béton brut** (fr.) – běžný překlad: *surový, režný beton základní (šedé/běžové barvy*

Používá se jako označení režného betonu (textura získaná pouze otiskem bednění) základní (šedé/běžové) barvy, je tak ale označován i beton s některými jednoduchými dodatečnými úpravami. (1)

Bohužel v České republice zatím není žádná norma, která by stanovovala, jak konstrukce z pohledového betonu kvalitativně hodnotit. Často proto autoři projektů

vycházejí z norem našich sousedů, Německa a Rakouska, ale také Finové se touto problematikou zabývají ve svých normách.

Naštěstí Česká betonářská společnost vydala Technická pravidla ČBS 03 (2009), o která se mohou ať už architekti nebo projektanti opřít. Tento rok (2018) v dubnu bylo vydáno 2. přepracované vydání.

Je-li architektura řazena pod umělecké činnosti, potřebuje mít svou volnost (jsou-li dodrženy předpisy z hlediska bezpečnosti, použitelnosti a trvanlivosti navrhovaného objektu) ve výtvarném výrazu. V zahraniční literatuře zaměřené na použití betonu v architektonické tvorbě se upozornění na nevýhody přemíry předpisů pro pohledový beton již objevují. Naopak jsou zdůrazňovány přednosti časté a otevřené komunikace všech zúčastněných, výrobky zkušebních a referenčních ploch, podrobného a jasného popisu pohledových betonových ploch s danou specifikací všech činitelů ovlivňujících povrch betonu a jejich mezními hodnotami a časté osobní účasti architekta na stavbě navrženého objektu. (2)

1.1. Třídy pohledového betonu dle TP ČBS 03

Technická pravidla ČBS 03 klasifikují pohledový beton do 5 tříd v závislosti na jejich důležitosti plnění funkce pohledové konstrukce s ohledem na požadavky, které jsou na jednotlivé třídy pohledového betonu kladeny. Dělí se do těchto tříd:

- PB0
- PB1
- PB2
- PB3
- PBS

Ke specifikaci požadavků uvedených v tab.1 je vhodné využít referenční stavby. Pro přesné stanovení kritérií je však vhodnější provést zkušební konstrukce, které budou sloužit jako referenční a budou zohledňovat konkrétní podmínky dané stavby. Pro třídy pohledového betonu PB3 a PBS je výroba referenčních ploch přímo

nezbytná, jelikož se jedná o plochy, které mají velmi vysoké požadavky na vzhled, např. exponované stěny nebo fasády kulturní a občanské výstavby nebo reprezentativní stavby. (1)

Oranžově a červeně vyznačené položky v tab.1 znamenají vyšší finanční požadavky oproti standardním konstrukcím kvůli vyšší pracnosti nebo ceně materiálu. Proto je nutné na tato fakta dodavatele upozornit. Při použití probarvených betonů se cena čerstvého betonu zvýší 2 až 5krát. Zvýšení ceny má následek použití příměsí, jejichž cena závisí na požadovaném odstínu barvy, při požadavku sytých odstínů se cena zdvojnásobí. Obdobné zvýšení se dá předpokládat při použití speciálního kameniva, nejenže se musí materiál navézt do betonárny, ale také se musí vyhradit speciální zásobník.

Projektant nebo architekt, by měl ve svém návrhu pohledového betonu specifikovat veškerá kritéria konkrétně, nejlépe s odkazem na referenční plochy, případně stavby tak, aby všechny strany zapojené do jejich provádění byli jasně seznámeni s požadavky. Pokud má nedodržení kritérií za následek ztrátu celkového dojmu ze vzhledu, je nutné tyto závady odstranit. (1)

Tab. 1 Třídy pohledového betonu a doplňkové specifikace

Třída pohledového betonu	Příklady použití	Požadavky na údaje v projektové dokumentaci	Struktura povrchu betonu	Pórovitost ³⁾	Barva povrchu betonu ⁴⁾ C
PB0	betonové plochy bez zvláštních architektonických nebo technických požadavků	nejsou předepsány	není předepsána	není předepsána	C1 – barva betonu, která vyplývá z použité betonové směsi a druhu cementu, nebo C2 – beton barvený přídatnými látkami a pigmenty, definice barvy proběhne na základě referenčních staveb, referenčních povrchů nebo vzorků výroby apod. schválením projektanta, nebo C3 – stejné jako C2, ale za použití bílého cementu, zvolené zrnitosti kameniva a dalších opatření s uvedením těchto opatření v technické zprávě
PB1	betonové plochy s nízkými požadavky na vzhled, např. stěny garáží, sklepů, opěrné zdi	údaje k rozměrům díla, např. tloušťka, minimální průřezy, sklon ¹⁾ , krytí výztuže, tolerance, rovinnost, popis spár, druh betonu (pevnostní třída, stupeň vlivu prostředí)	pravidelný a uspořádaný otisk bednění, spínacího rastru a spínacích otvorů podle volby zhotovitele	plocha pórů max. 1,2 % testovaného povrchu (viz obr. 4 na str. 14)	
PB2	betonové plochy s vyššími požadavky na vzhled, např. běžné dopravní stavby a budovy	k požadavkům PB1 navíc: způsob ukládání betonu, těsnost spár a bednění, způsob hutnění, vyztužení	k požadavkům PB1 navíc: provedení podle zadání a specifikace projektanta	plocha pórů max. 0,9 % testovaného povrchu	
PB3	pohledové betony s velmi vysokými požadavky na vzhled, např. exponované fasády, stěny, kulturní a občanské stavby	k požadavkům PB2 navíc: poloha pracovních spár a vkládaných dílů, detaily bednění, časový plán betonáže (např. časové rezervy pro špatné počasí)	uspořádání podle projektem definovaného systému bednění ²⁾ , např. předepsané velikosti bednicích dílců, spínacích míst a betonovaných pracovních záběrů	plocha pórů max. 0,6 % testovaného povrchu (viz obr. 4 na str. 14)	
PBS	architektonicky exponované plochy zvláštního významu, např. reprezentativní stavby	Veškeré detailní požadavky musí být určeny projektem. UPOZORNĚNÍ: Při extrémně vysokých nárocích na výsledný vzhled je nutno zvážit proveditelnost takové konstrukce!			

[Převzato z Technická pravidla ČBS 03]

Rovinnost povrchu betonu	Řešení pracovních spár	Spoj bednicích dílců	Styk pláště bednění ²⁾	Vzhled hran	Spínací místo	Uzavření spínacích otvorů	Řešení závěsných míst pro betonáž následných výškových taktů
				H	S	U	Z
<ul style="list-style-type: none"> rovinnost je stanovena normou ČSN EN 13670 pro povrchy ve styku s bedněním je na 2m lati povolena odchylka 9 mm 	<ul style="list-style-type: none"> výron cementového tmele z pracovních spár je přípustný do šířky 15 mm a hloubky 10 mm, přesazení povrchu dvou betonových pracovních záběrů je přípustné do 15 mm, cementový tmel na předchozím pracovním záběru musí být včas odstraněn, lichoběžníkové lišty nebo podobné prvky mohou být v pracovních nebo dilatačních spárách použity bez dohody 	<ul style="list-style-type: none"> není předepsán v místě spoje bednicích dílců je přípustný výron cementového tmele do šířky 15 mm a hloubky 10 mm, přesazení ve spoji dílců je přípustné do 10 mm, přípustný je otřep do výšky 5 mm 	<ul style="list-style-type: none"> není předepsán dotyk pláště bednění bez zvláštních opatření (např. podle systému bednění) s obvyklým výronem cementového tmele, přesazení okrajů pláště bednění je přípustné do 5 mm 				není předepsáno
<ul style="list-style-type: none"> rovinnost je stanovena normou ČSN EN 13670 pro povrchy ve styku s bedněním je na 2m lati povolena odchylka 9 mm 	<ul style="list-style-type: none"> výron cementového tmele z pracovních spár je přípustný do šířky 10 mm a hloubky 5 mm, přesazení povrchu dvou betonových pracovních záběrů je přípustné do 10 mm, cementový tmel na předchozím pracovním záběru musí být včas odstraněn, použití lichoběžníkových lišt nebo podobných prvků pro utěsnění pracovních nebo dilatačních spár je doporučeno 	<ul style="list-style-type: none"> nahromadění hrubých zrn není přípustné, v místě spoje bednicích dílců je přípustný výron cementového tmele do šířky 10 mm a hloubky 5 mm, přesazení ve spoji dílců je přípustné do 5 mm, přípustný je otřep do výšky 3 mm 	<ul style="list-style-type: none"> dotyk pláště bednění se zvláštními opatřeními (např. nový plášť, těsnicí pásek) s malým výronem cementového tmele, 	<p>H1 – sražená hrana, např. pomocí trojhranných lišt (viz obr. 21 na str. 31),</p> <p>nebo</p> <p>H2²⁾ – ostrá hrana (viz obr. 22 na str. 31)</p>	<p>S1 – spínací místo bez zvláštních opatření, např. podle systému bednění, s obvyklým vytékáním cementového tmele (viz obr. 10b a 11a na str. 17),</p> <p>nebo</p> <p>S2 – spínací místo se zvláštními opatřeními, která je nutno stanovit, např. těsnicí kroužek, s malým vytékáním cementového tmele (viz obr. 10a a 11b na str. 17),</p> <p>nebo</p> <p>S3²⁾ – žádná viditelná spínací místa díky konstrukci bednění bez spínání</p>	<p>U1 – distanční trubky, kónusy a záslepky otvorů obvyklé na trhu nebo uzavěr maltou zahluobený a tmelený podle volby zhotovitele (viz obr. 24 na str. 33),</p> <p>nebo</p> <p>U2 – distanční trubky, kónusy a záslepky otvorů z plastu, betonu, z vláknitého cementu apod. podle zadání a specifikace projektanta (viz obr. 24 na str. 33),</p> <p>nebo</p> <p>U3 – atypické výrobky na zakázku (viz obr. 24 na str. 33)</p>	<p>Z0 – bez závěsných míst, nebo</p> <p>Z1 – provedení a uspořádání závěsných míst odpovídají použitému systému podle volby zhotovitele, uspořádání a vzhled se smí lišit od spínacích míst (viz obr. 13 na str. 18),</p> <p>nebo</p> <p>Z2 – uspořádání a vzhled musí odpovídat spínacím místům</p>
<p>Veškeré detailní požadavky musí být určeny projektem. UPOZORNĚNÍ: Při extrémně vysokých nárocích na výsledný vzhled je nutno zvážit proveditelnost takové konstrukce!</p>							

[Převzato z Technická pravidla ČBS 03]

Způsob upevnění pláště bednění	Stav pláště bednění	Separační prostředky	Systém bednění B	Textura povrchu betonu T	Zkušební konstrukce	Tým pro pohledový beton
není předepsán	není předepsán		není předepsán	není předepsána	není předepsána	není předepsán
přípustné jsou otisky od systémového upevnění zepředu s max. 3 mm hlubokými nebo vyčnívajícími otisky v povrchu betonu (viz obr. 20a a 20b na str. 30)	<p>přípustné jsou otisky v povrchu betonu (viz obr. 26 na str. 35) způsobené vícenásobným použitím bednění, případným přesahem nebo zapuštěním pláště bednění přes rám až do 2 mm, odbornými systémovými opravami pláště bednění, škrábanci v plášti bednění až do hloubky 3 mm a šířky 5 mm, dírami po hřebících a šroubech v povrchu pláště bednění, nabobtnáním v oblasti ukotvení a hran pláště bednění, zbytky betonu a cementového tmele v prohlubeninách, pokud je dosahováno dohodnutého betonového povrchu</p> <p>přípustné jsou otisky v povrchu betonu (viz obr. 26 na str. 35) způsobené vícenásobným použitím bednění, případným přesahem pláště bednění přes rám až do 1 mm nebo zapuštěním do 2 mm, odbornými systémovými opravami pláště bednění, škrábanci v plášti bednění až do hloubky 2 mm a šířky 2 mm, dírami po hřebících a šroubech až do průměru 5 mm v povrchu pláště bednění, nabobtnáním v oblasti ukotvení a hran pláště bednění, zbytky betonu a cementového tmele v prohlubeninách, pokud je dosahováno dohodnutého betonového povrchu</p>	vhodnost separačního prostředku je nutno posoudit v závislosti na použitém plášti bednění podle tab. 4 na str. 38	<p>B1 – systémové rámové bednění: vzhled betonu s pravidelnými otisky rámu v rastru výrobce; spínací místa a plášť bednění jsou dány systémem (viz obr. 5 na str. 15; obr. 10 na str. 17; obr. 14 na str. 18),</p> <p>nebo</p> <p>B2 – systémové nosníkové bednění: vzhled betonu bez otisku rámu; spínací místa a plášť bednění lze do jisté míry volit (viz obr. 6 na str. 15; obr. 8 na str. 16),</p> <p>nebo</p> <p>B3 – atypické bednění: vzhled betonu je volitelný podle možnosti bednění, které je přizpůsobené a zvlášť vyrobené pro daný díl, podle počtu a pozice spínacích míst v mezích technických možností (viz obr. 7 na str. 16)</p>	<p>T1 – podle zvoleného typu bednicího systému zhotovitele,</p> <p>nebo</p> <p>T2⁹ – podle specifikace v projektu, příp. podle tab. 3 na str. 27 (viz obr. 3 na str. 14 a obr. 19 na str. 28 a 29)</p>	doporučena	není předepsán
upevnění pláště bednění je nutno dohodnout, např. přesahující, zapuštěné, neviditelné, zvýrazněné upevnění apod. (viz obr. 20c na str. 30)	<p>– přípustné jsou otisky v povrchu betonu způsobené normálním otěrem při vícenásobném použití, případným přesahem (zapuštěním) pláště bednění přes rám až do 1 mm nebo zapuštěním do 2 mm,</p> <p>– nepřípustné jsou otisky v betonovém povrchu způsobené opravenými místy pláště bednění, škrábanci, dírami po hřebících a šroubech</p>	vhodnost separačního prostředku je nutno posoudit v závislosti na použitém plášti bednění podle tab. 4 na str. 38 a následně jej ověřit přímo na stavbě			předepsána	předepsán
<p>Veškeré detailní požadavky musí být určeny projektem. UPOZORNĚNÍ: Při extrémně vysokých nárocích na výsledný vzhled je nutno zvážit proveditelnost takové konstrukce!</p>						

[Převzato z Technická pravidla ČBS 03]

Vysvětlivky k tab. 1

- ¹⁾ Šikmé povrchy, příp. šikmé stěnové konstrukce a sloupy jsou díly, které mají sklon od kolmice více než 15° a vytváří se zásadně s protibedněním. V takovém případě se nedá zamezit vzniku pórů na vrchní straně. Dále se nedá zajistit dodržení shodného odstínu barvy. Ze strany projektanta je nutno tyto skutečnosti zohlednit.
- ²⁾ Výkres sestavy bednění obsahuje zobrazení uvedených požadavků na jednom nebo na více pracovních záběrech charakterizujících celkové dílo. Tento výkres musí být součástí projektové dokumentace.
- ³⁾ Pórovitost je plocha pórů s průměrem od 1 do 15 mm na zkušební ploše 500 x 500 mm. Posouzení pórovitosti se stanovuje nejméně na dvou reprezentativních zkušebních plochách. Jako zkušební plocha je zvolena optimální reprezentativní část povrchu betonu.
- ⁴⁾ Vliv barevných pigmentů na vlastnosti čerstvého a ztvrdlého betonu je nutno ověřit na zkušební konstrukci.
- ⁵⁾ Všechna uvedená opatření platí také pro délkové dorovnání v sestavách bednění, mezikusy a doplňkové povrchy.
- ⁶⁾ Nesražených, ostrých hran bez menších úlomků nebo bez výronů cementového trnele není možno dosáhnout s jistotou. Ostré hrany je nutno po celou dobu výstavby chránit.
- ⁷⁾ Je nutno posoudit možnou proveditelnost. U bednění stěn od určité výšky je nutno počítat se značnými vícenáklady kvůli použití speciálních dočasných konstrukcí.
- ⁸⁾ Nelze (nebo lze jen velmi omezeně) v kombinaci s B1.

Příklad specifikace pohledového betonu:

PB2–C1–H2–S1–U3–Z0–B2–T2

Uvedená specifikace vyjadřuje:

PB2 – pohledový beton třídy PB2

C1 – barva betonu, která vyplývá z použité betonové směsi (nebarvené) a druhu cementu

H2 – s ostrými hranami

S1 – spínací místo bez zvláštních opatření (distanční trubky a kónusy)

U3 – s atypickými, na míru vyráběnými uzávěry spínacích míst

Z0 – bez závěsných míst

B2 – provedený pomocí nosíkového bednění s definovaným spárořezem a pozicí spínacích míst

T2 – s bednicím pláštěm podle zadání v projektu

[Převzato z Technická pravidla ČBS 03]

2. Probarvený beton

Díky pigmentům se z šedého stává probarvený beton libovolných odstínů. Jejich nesmírnou výhodou oproti změně barevnosti betonu povrchovými úpravami nanesením vrstvy barvy je ta, že pigment je rovnoměrně rozmístěn v celé hloubce betonové směsi, a proto si i při poškození povrchu zachovává stejnou barvu.

Beton užívaný pro svou statickou funkci je často v odstínech šedé a pokud nejsou povrchy exponovány, tak na odlišnost odstínů jednotlivých záběrů není dbáno. U zabarvených betonů je proto velmi důležité, aby jednotlivé záběry působily v celku jednolitě, bez viditelných rozdílů v barevnosti. Jelikož je mnoho vnějších faktorů, které ovlivňují barevnost, je nutné ty nejdůležitější eliminovat.

První skupinou jsou vstupní materiály pro výrobu čerstvého betonu a bednění, tyto faktory můžeme ovlivnit jednoduše použitím jedné šarže jednotlivých složek, stejného druhu a množství. Vodní součinitel má vliv na barevnost velmi významnou, proto je nutné tento parametr sledovat a dodržovat:

- Cement
- Kamenivo
- Přísady (plastifikátory, superplastifikátory)
- Příměsi (pigmenty, organické polymery)
- Množství záměsové vody
- Bednění (povrch a opakovatelnost stejné desky bednění)

Druhým typem faktorů jsou ty, které vždy ovlivnit nejde. Jedná se o faktory během ukládání směsi a doby jejího zrání.

- Povětrnostní podmínky
- Okolní teplota při ukládání a zrání betonu

Jak bylo řečeno, první skupinu faktorů je možno ovlivnit technologickou kázní při výrobě v betonárně nebo při samotné betonáži. Je výhodnější směs míchat ve větších množstvích, to je závislé na druhu míchačky, kterou má konkrétní betonárna k dispozici. Při výrobě většího množství betonové směsi klesá odchylka skutečného

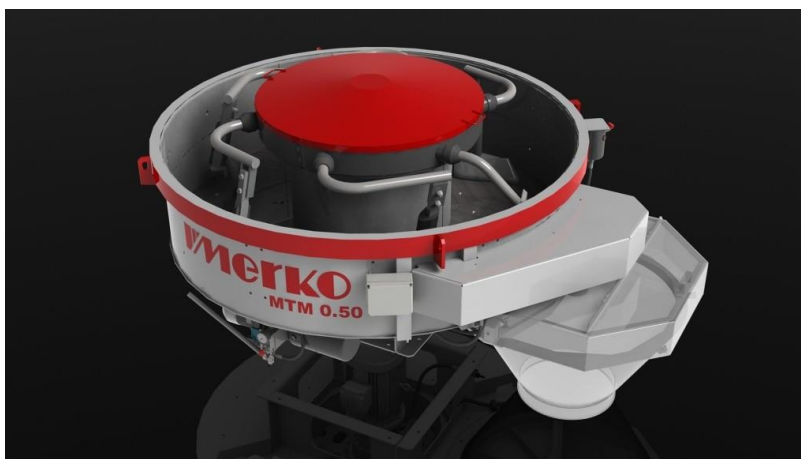
množství použitého při míchání od receptury. Můžeme se setkat s těmito druhy míchaček betonu:

- Talířové
- Dvuhřídelové
- Planetové

Talířové míchačky

Talířové míchačky jsou především určeny k výrobě transportního betonu a betonu pro prefabrikované dílce. Jedná se o léty prověřenou koncepci míchačky s vertikálními hřídeli, na které je uchycen rotor s uložením pro míchací ramena. Převodovka míchačky je umístěna uvnitř válcové konstrukce pro uchycení rotoru míchačky z její spodní části. (3)

Maximální možný objem hotového betonu na záměs jsou 3 m³.



1 Talířová míchačka
[www.merko.cz]

Dvuhřídelové míchačky

Dvuhřídelové míchačky jsou určeny především pro výrobu transportbetonu. Systém míchání spočívá ve dvou paralelních horizontálních hřídelích s míchacími rameny a lopatkami, které se pohybují protiproudě. Ramena s lopatkami vytvářejí trojrozměrný míchací efekt. K míchání dochází především uprostřed prostoru míchačky, což má příznivý vliv na opotřebení otěrových dílů míchačky. Dostatečně dimenzované převodovky zajišťují potřebný výkon i pro míchání směsí s nízkou konzistencí. (3)

Tento druh míchačky dosahuje vyšších objemových kapacit oproti talířovým, na jednu záměs je možné vyrobit až 4 m³.



2 Dvouhřídelová míchačka
[www.merko.cz]

Planetové míchačky

Planetové míchačky jsou určeny především k výrobě betonu pro prefabrikované dílce, vibrolisované zboží a speciální betony. Míchačka využívá protiproudého principu míchání, což společně s volným vnitřním prostorem míchacího bubnu, umožňuje dokonalou homogenizaci směsi i u obtížněji mísitelných materiálů. Předností protiproudého systému míchání je, že veškerá energie se přenáší přímo do míchané směsi. (3)



3 Planetární míchačka
[www.merko.cz]

2.1.Cement

Pro potřebu výroby pohledového betonu lze použít všechny běžně dostupné portlandské cementy, které splňují požadavky ČSN EN 197-1. Výhodné je používat portlandských cementů s minimálním odlučováním vody z cementové pasty a rovnoměrnou jemností mletí ve spojení s hydraulicky účinnými příměsmi. Mineralogické složení použitého cementu je, vedle použitého kameniva, jedním z rozhodujících faktorů, které určují výslednou barvu betonu. Pro dosažení jednotného barevného odstínu betonové plochy je nutno použít pro celý rozsah betonovaného dílu konstrukce nejen cement jednoho druhu a jedné třídy, ale navíc i cement ze stejné cementárny a pokud možno i stejné šarže. (1)

Znalost složení cementu je velmi důležitá, proto se vyžaduje „čistý“ cement, který se přidáním příměsí upraví tak, aby jeho vlastnosti vyhovovali potřebám, objednavce zákazníka. Cement se dělí do 5 základních skupin, CEM I – V, přičemž cement CEM I obsahuje pouze jednu hlavní složku – jemně mletý Portlandský slínek, dle normy smí obsahovat maximálně 5 % doplňujících složek, viz Tab.2

Tabulka 2 - Složení cementu CEM I dle ČSN EN 197-1

ČSN EN 197-1 ed. 2

Tabulka 1 – 27 výrobků skupiny cementů pro obecné použití

Hlavní druhy	Označení 27 výrobků (druhy pro obecné použití)		Složení (poměry složek podle % hmotnosti ^a)										Doplňující složky		
			Hlavní složky												
			Slínek	Vysokopepnicí struska	Křemičitý úlet	Pucolány		Popílek		Kalcinovaná břidlice	Vápenec				
						přírodní	přírodní kalcinované	křemičitý	vápenatý		L	LL			
K	S	D ^b	P	Q	V	W	T	L	LL						
CEM I	Portlandský cement	CEM I	95-100	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0-5

[www.stavebniny-rychle.cz]

Bílý cement

Tento druh cementu se využívá pro jeho schopnost zvýšení čistoty barvy, u černých odstínů je použití zcela zbytečné, zde postačí cement šedý. Avšak při použití u světlejších barev jako je červená, žlutá nebo zelená cement vyjasní barvu pigmentu, díky schopnosti menšího pohlcení světla než zrnka šedého cementu. Hlavní využití pro architektonický beton a pro betonové dílce s dekorativní funkcí.



4 Rozdíl v použití šedého a bílého cementu
[www.betonks.cz]

2.2.Kamenivo

Na barevnost betonu má vliv pouze nejnižší frakce, která je obsažena v cementové vrstvě na povrchu u povrchů, které nejsou dále upravovány. Pokud bude výsledný povrch dále technologicky upravován v měkkém stavu např. vymýváním, hlazením nebo škrábáním, a v tvrdém stavu např. pískováním, leptáním, nebo kamenicky opracován, pak se barva kameniva projeví na takto upravených površích. Může zde plnit funkci kontrastní, nebo naopak být ve stejné barvě jako cementová kaše a při případném narušení povrchu nebude vada natolik viditelná.

Kamenivo použité pro pohledový beton musí splňovat, dle ČSN EN 12620, kritéria třídy A (1)

Pro pohledové betony se rozlišují základní 2 typy kameniva, z hlediska skladby:

- Základní
- Korekční

Základní kamenivo se může použít těžené i drcené. Těžené kamenivo bývá často polyminerální, obsahuje škálu různobarevných zrn, toho se dá využít u vymývaných betonů. Nevýhodou těženého kameniva je fakt, že nemá ideální křivku zrnitosti, tím dochází k větší náchylnosti odlučování vody. Tomu se zamezuje přidáním chybějící frakce korekčním kamenivem. Drcené kamenivo bývá naopak monominerální, stejné barvy, tím zaručuje barevnou stálost.

Korekční kamenivo pak plní funkci zlepšení zrnitostní křivky frakcemi, které základní kamenivo neobsahuje. Často se využívá pro vylepšení barevnosti a celkového zlepšení vlastností pohledového betonu.

Jako korekční kamenivo se zpravidla používá jemně mletý křemičitý písek, mikromletý vápenec nebo kamenná moučka (filler). Dávkování korekčního kameniva je nutné zohlednit v podílu jemných částic do velikosti 0,25 mm. Předávkování jemnými podíly může vést k lepidlosti betonu a zhoršení zpracovatelnosti. (1)

2.3. Přísady

Přísady se dají charakterizovat jako chemické sloučeniny působící na cementovou suspenzi, proto velmi záleží na druhu cementu. Účelem těchto látek je zlepšení vlastností čerstvého, ale i ztvrdlého betonu. Přísady mají hlavně vliv na průběh hydratace cementu.

Požadavky na speciální druhy přísad jsou dle ČSN EN 206 určeny v evropské normě ČSN EN 934-2 – Přísady do betonu, malty a injektážní malty – Část 2: Definice, požadavky, shoda, značení a označování štítky.

2.3.1. Plastifikační

Plastifikační přísady jsou nejdéle a nejčastěji používané přísady, které současně dokáží snížit potřebné množství záměsové vody a zlepšit zpracovatelnost čerstvého betonu. Tímto způsobem můžeme docílit betonu s lepšími vlastnostmi. Používají se hlavně pro transportbeton, dále pro usnadnění zpracování nebo pro dosažení lepší kvality povrchu betonu. (4) (5)

Jelikož množství použité vody při výrobě čerstvého betonu zásadně ovlivňuje jeho výslednou barevnost, čím vyšší vodní součinitel, tím je barva světlejší, užití plastifikačních přísad je nevyhnutelné, pokud je žádáno tmavých, sytých odstínů. Umožňují snížit množství vody i cementu v betonu, při zachování dobré zpracovatelnosti vede k nižšímu smršťování a dotvarování, což je velikou výhodou právě pro pohledové betony. (1)

2.3.2. Superplastifikační

Superplastifikátory mají stejné použití jako přísady plastifikační pouze s tím rozdílem, že tyto přísady násobně snižují potřebné množství záměsové vody při zachování stejné Použití a dávkování je tedy podobné jako u plastifikačních přísad. Od plastifikačních se liší například kompatibilitou s cementem, delší dobou zpracovatelnosti nebo omezením krvácení betonu, což bývá u plastifikačních přísad častý problém. (4) (5)

2.3.3. Urychlující

Jak už vyplývá z názvu, tyto přísady mají za účel urychlit hydrataci cementu, tím se docílí zvýšeným uvolněním hydratačního tepla. Proto jsou tyto přísady vhodné pro betonáž za nízkých teplot. Je nutné dodržovat zadané množství, při správné dávce působí jako akcelerátory, při přidání větší dávky vykazují naopak retardační schopnosti. Dělí se do dvou skupin, podle doby působení v čerstvém, nebo v tvrdnoucím betonu na:

- Urychlovače tuhnutí
- Urychlovače tvrdnutí

Urychlovače tuhnutí

Působí na čerstvý beton v průběhu prvních minut hydratace cementu. Začátek tuhnutí obvykle posunují o 1 až 3 hodiny a zkracují dobu tuhnutí, tedy přechod čerstvého betonu z plastického do tuhého stavu, obvykle o 1 hodinu. (4) (5)

Urychlení tuhnutí se využívá při speciálních technologiích nanášení čerstvého betonu stříkáním, které vyžadují zvýšenou adhezi při provádění, např. torkretace.

Urychlovače tvrdnutí

Působí na tvrdnoucí beton v průběhu prvních dní a urychlují vývoj počáteční pevnosti betonu a mohou, ale nemusí mít vliv na tuhnutí betonu. Proto jsou používány v případě potřeby zvýšení jedno až tří denních pevností, což je například při prodloužení doby potřebné k odbednění v zimním období, kdy nižší teploty způsobují snížení počátečních pevností. (4) (5)

Mezi urychlovače tvrdnutí se řadí i tzv. mrazuvzdorné přísady, které vedle urychlovače tvrdnutí obsahují chemické látky např. vysokomolekulární alkoholy, které snižují bod tuhnutí vody v betonu. Tímto je zabráněno zamrznání vody v pórech cementové matrice. (4) (5)

2.3.4. Zpomalující

Oproti urychlovačům mají zpomalující přísady za úkol oddálit počátek tuhnutí čerstvého betonu, zpomalují proces hydratace cementu, čerstvý beton zůstává delší dobu plastický. Těchto přísad se využívá při dopravě betonu na vzdálené stavby od

betonáren, při potřebě delší zpracovatelnosti z důvodu větších pracovních záběrů. Dále během teplých letních měsíců, kdy čerstvý beton tuhne rychleji díky vyšší počáteční teplotě hydratace. Stejně jako u urychlovačů je nutné dodržet dávkování, přidáním většího, než stanoveného množství nemusí k hydrataci cementu dojít vůbec.

2.3.5. Stabilizační

Přísady modifikující viskozitu betonu se používají pro snížení odměšování volné vody ze suspenze cementového tmelu, což v některých případech způsobuje usazování tuhých částic (tzv. „krvácení“ betonu). Stability čerstvého betonu je dosahováno zvýšením měrného povrchu tuhých částic a snížením obsahu volné vody. Mezi hlavní výhody se řadí zlepšení jakosti betonového povrchu a zvýšení soudržnosti betonu s výztuží. (4) (5)

2.3.6. Provdzdušňující

Provdzdušňující přísady vytváří v čerstvém betonu jemně rozmístěné vzduchové póry, které při stejné hmotnosti betonu zvětšují jeho objem. Vzniklé póry slouží jako expansní prostor ke zvětšujícím se krystalům ledu nebo chemických solí (rozmrazovací soli, soli mořské vody) a snižují tak hydrostatický tlak v pórovité struktuře cementového kamene. Proto jsou využívány v prostředích se zvýšeným působením mrazu, rozmrazovacích a mořských solí.

2.3.7. Shrnutí přísady

Každá přísada má svůj primární účinek, který dopomáhá ke zlepšení vlastností betonu. Ve většině případů však mají přísady ale mnoho dalších sekundárních účinků, které mohou být pro danou směs pozitivní, ale také i negativní. Proto je nutné všechny účinky jednotlivých přísad zohlednit pro danou recepturu a vyzkoušet jejich spolupůsobení.

Obecně pro pohledové betony se nejvíce využívají přísady plastifikační, superplastifikační a stabilizační.

2.4. Příměsi

Příměsi jsou označovány jako práškovité látky omezené velikostí zrna do 0,125 mm a jsou přidávány, podobně jako přísady, do čerstvého betonu za účelem zlepšení vybraných nebo zvláštních vlastností. Oproti přísadám, jejichž zastoupení se pohybuje okolo desetin procent z hmotnosti cementu, příměsi se dávkuje v řádech jednotek až desítek procent. Proto je nutné tyto příměsi započítávat do objemové skladby betonu. (1)

Dělí se na dva typy podle toho, zda se podílejí na procesu hydratace cementu nebo nikoliv:

- Inertní příměsi
- Pucolány nebo latentně hydraulické látky

2.4.1. Inertní

Označovány také jako pasivní, netečné, nepodílí se na procesu hydratace cementu, to však není úplně správně, jelikož nejmenší zrna těchto látek se na procesu podílet mohou. Řadí se sem mleté horniny, moučky (tzv. fillery) dle ČSN EN 12620 a pigmenty podle ČSN EN 12878.

2.4.1.1. Fillery

Obsahem jemných částic se fillery podílí na změně reologických vlastností a hutnosti betonu. Vylepšují křivku zrnitosti kameniva. To má vliv na čerpatelnost, zpracovatelnost betonu, zvětšenou hustotou působí na snížení hloubky průsaku. Zvýšené množství jemných částic ale vyžaduje více záměsové vody, která má negativní účinky na beton, snižuje pevnost a dochází k většímu smršťování konstrukce.

2.4.1.2. Pigmenty

Pigmenty mohou být dvojího původu, organické nebo anorganické. Používají se pro jejich barvicí schopnost rozptýlením ve vhodném prostředí a tím změnit jeho barvu na libovolné odstíny dle požadavků návrhu. Barviva a pigmenty používaná pro barvení betonu musí navíc k primárnímu účelu probarvení splňovat řadu dalších

požadavků, např. musí být odolné vůči povětrnostním vlivům, UV záření a musí snášet silně alkalické prostředí betonu.

Pigmenty jsou dle ČSN EN 206-1 kategorizovány jako interní příměsi do betonu (příměs typu I), a musí vyhovět evropské normě EN 12878, pro železový beton (železobeton) pouze kategorie B pigmentů:

- 28denní pevnost v tlaku probarvených betonů se nesmí lišit od neprobarvených o více než 8%
- Obsah ve vodě rozpustných látek nesmí být větší než 0,5 % hmotnosti pro jednotlivé pigmenty či jejich směsi. Tam kde jsou použité přísady pro práškové a nepráškové přípravky, jako např. rozpouštědla, pojidla a mlecí činidla, jejich ve vodě rozpustných složek by měl být menší nebo rovno 5,0 % (8 % pro carbon černý) hmotnosti pevných přísad.
- Obsah rozpustných chloridů nesmí být větší než 0,10 % hmotnosti.
- Celkový obsah chloridů nesmí být větší než 0,10 % hmotnosti.

[n1]

Organické pigmenty

Všechny organické pigmenty jsou syntetické, mají větší barvicí sílu, jsou brilantní (čistší), často také dražší oproti anorganickým. Díky jejich malé odolnosti vůči UV záření, nestálosti na slunci, nejsou z tohoto důvodu využívány do exteriérů.

Anorganické pigmenty

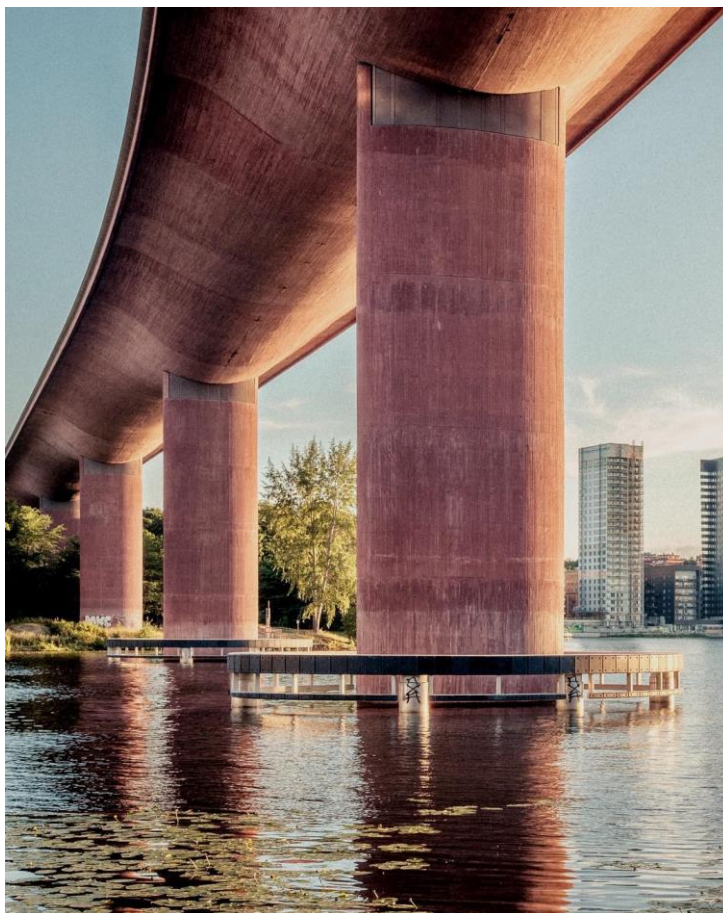
Většinou se jedná o oxidy kovů, nejčastěji pak železa (Fe_2O_3 – červený, $FeO(OH)$ - žlutý, Fe_3O_4 - černý), které mají vysokou barvicí schopnost a jsou dostatečně stálé pod vlivy povětrnostních podmínek a odolné proti alkáliím.

Tabulka 3 - Vhodné pigmenty pro probarvené betony

Název	Typ	Složení	Vhodnost
Červené pigmenty			
Červený oxid železitý	SP	Oxid železitý, nejméně 90 %	Velmi dobrá
Španělská oxid železitý	MP	Oxid železitý 78 až 90 % Barva se liší podle místa výroby	Dobrá
Caput mortuum	SP	Oxid železitý často obsahuje přísady	Špatná
Červený okr	MV	Oxid železitý, přísady jílu nebo vápna	Špatná

Varování: Minium, oranž chromová a červeň chromová se nesmějí používat.			
Hnědé pigmenty			
Hnědý oxid železitý	SP	Oxid železitý 85 až 100 %	Velmi dobrá
Terra di Siena, částečně nepálená, částečně pálená	MV	Směs hydrátu oxidu železitého a koloidní kyseliny křemičité	Špatná
Umbra	MV	Jíl obsahující železo a mangan	Špatná
Hnědý okr	MV	Jíl obsahující železo a mangan	Špatná
Černé pigmenty			
Černý oxid železitý	SP	Čistý oxid železitý	Velmi dobrá
Lampová čern	SP	Jemně rozptýlený uhlík vznikající při nedokonalém hoření určitých organických látek	Špatná
Kostní dřev	SP	Pyrolyzovaná kost, obsahuje fosforečnan vápenatý	Špatná
Varování: Při použití manganové černi může unikat vápno.			
Žluté pigmenty			
Žlutý oxid železitý	SP	Oxid železitý a hydrát oxidu železitého	Velmi dobrá
Nikl-titanová žluť	SP	Titan-nikl-antimon	Velmi dobrá
Chrom-titanová žluť	SP	Titan-chrom-antimon	Velmi dobrá
Žlutý okr	MV	Hydrát oxidu železitého, přísady jílu nebo vápna	Špatná
Varování: Žluť chromová, sulfid kadmiový, žluť zinková a žluť barytová se nesmějí používat.			
Modré pigmenty			
Modř kobaltová	SP	Dihlinitan kobaltnatý	Velmi dobrá
Modř chrom-kobaltová	SP	Dihlinitan chrom-kobaltnatý	Velmi dobrá
Ultramarín	SP	Sloučenina křemíku a hliníku obsahující síru	Špatná
Měď, reaktivní pigment	SP	Sloučenina mědi	Barva není homogení
Varování: Modř pařížská, berlínská, pruská, manganová a Milora se nesmějí používat.			
Zelené pigmenty			
Zelený hydrát chromoxid	SP	Hydrát chromoxid	Velmi dobrá
Chromoxid zelený	SP	Čistý chromoxid	Velmi dobrá
Zeleň přírodní	MV	Silikát obsahující železo	Špatná
Varování: Zeleň chromová, zeleň kobaltová a zeleň ultramarínová se nesmějí používat.			

[Převzato: MARGOLDOVÁ, Jana. Barevný, ne jen šedý beton. *Pozemní stavby*. Beton TKS, 1/2010, s.32-36. ISSN 1213-3116]



*5 Železniční most ve Stockholmu
[www.sfreedram.clubhashtag]*

V dnešní době se pigmenty používají nejčastěji ve třech různých formách, každá má své výhody a nevýhody. Neexistuje přesný návod, kdy se jaká forma pigmentu má použít, proto vše závisí na konkrétních podmínkách betonárny, ale také stavby.

- Prášková forma
- Suspenze
- Granule

Prášková forma

Nejdéle používaná forma pigmentu, prášek se přidá během mísení suchých složek. Toto má negativní vliv na prašnost celého procesu, barvicí účinek této formy je v porovnání s ostatními nižší.

Suspenze

Jedná se o pigment vysoké koncentrace v tekuté formě. Při použití suspenze, se nezvyšuje prašnost a jednodušeji se s ní pracuje. Nevýhodou je vyšší cena, dražší přeprava kvůli obsahu vody. To má také za důsledek nutnost úpravy receptury, jelikož se do procesu vnáší voda. Ve vodném roztoku dochází k sedimentaci pigmentu, to může zapříčinit různobarevnost jednotlivých záměsí díky nestejněměrné koncentraci. Využití při betonáži větších ploch, objemů. (6)

Granule

Jejich nesmírnou výhodou je snadné dávkování, při výrobě malého množství betonu je množné použít pigment dávkovaný v rozpustných sáčcích, které se vhodí do autodomíchače. Tímto způsobem však nelze docílit dvou naprosto stejných várek. (6)

2.4.2. Pucolány nebo latentně hydraulické příměsi

Příměsi na křemičité bázi, které se podílí na hydrataci cementu, pouze však za předpokladu, že hydratace už probíhá. Původně se tak označoval sopečný popel, který využívali už Římané k výrobě hydraulické malty v dnešní oblasti Pozzuoli, odtud název. Dnes tak označujeme všechny přírodní nebo uměle vyrobené látky, které za přítomnosti vody a hydroxidu vápenatého tuhnou, tvrdnou.

Obecně pucolány zlepšují kvalitu povrchů (jsou jemnější, hladší). Zvyšují odolnost proti krvácení betonu, úniku směsi cementu s vodou z čerstvého betonu. Mohou však beton ovlivnit i negativně díky obsahu oxidů vápníku, síry a chloridů. To má za následek zvýšené riziko koroze výztuže nebo rozvoje trhlin při procesu tuhnutí betonu.

Nejvíce používaným pucolánem je elektrárenský popílek. Vzniká jako vedlejší produkt spalování uhlí, zachycením spalin v odlučovači. Pro použití musí vyhovovat ČSN EN 450-1 Popílek do betonu – Část 1: Definice, specifikace a kritéria shody.

2.5. Bednění

Na bednění se klade veliký důraz stejně jako na vstupní materiály pro výrobu čerstvého betonu. Podobu výsledného povrchu pohledového betonu dává právě otisk pláště bednění. Hlavní funkcí bednění však zůstává tuhost, dostatečná únosnost a těsné. Na výběr jsou 3 druhy bednění:

- Rámové
- Nosníkové
- Atypické

Dle tab.4 můžeme porovnat jednotlivé druhy bednění. Pokud chceme docílit pravidelné opakovatelnosti, poté je nejlepší volbou rámové bednění, ovšem při jeho použití bude vždy viditelný otisk rámu. V přípravě se už tedy musí rozvrhnout uspořádání jednotlivých ráků, jelikož průběžné spáry mezi jednotlivými díly budou viditelné. Nosníkové bednění je variabilnější a lze si volit rozmístění spínacích tyčí. Skládá se z nosníků, ocelových profilů a bednicích desek, montáž je časově náročnější. Atypické bednění jsou vyráběné na míru, a tedy jejich možnost dalšího použití je málo pravděpodobná, proto narůstá cena na takto bedněnou konstrukci.

Tabulka 4 - Základní typy bednění a jejich vlastnosti

Sledovaná vlastnost	Druh bednění		
	Rámové	Nosníkové	Atypické
Viditelný otisk rámu	ano	ne	ne
Poloha spár pláště bednění	v rastru bednicích dílců	v rastru bednicích desek	volitelné
Poloha spínacích míst	podle bednicích dílců	volitelné	volitelné
Materiál pláště bednění	překližka (potažená fólií nebo plastem)	volitelné	volitelné
Tvar plochy bednění	šířky i výšky pevně dané rozměry bednicích dílců	volitelné	volitelné
Tlak čerstvého betonu	většinou do 80 kN/m ²	volitelné	volitelné

[Převzato z Technická pravidla ČBS 03]

2.5.1. Plášť bednění

Plášť bednění propůjčí svým otiskem betonu jeho výslednou podobu, na tom se však nepodílí sám. Dále závisí na odbedňovacím prostředku, složení betonu a jeho zpracování. Z tohoto důvodu je nutné vzájemné působení vyzkoušet.

Pláště bednění se dělí dle jejich savosti na savé a nesavé. Savost bednění má obecně tyto vlastnosti.

- Savý nebo částečně savý povrch bednění umožňuje lepší odvod vzduchu a vody, a tím snižuje tvorbu pórů. Místa s rozdílnou savostí mají za následek rozdílné barevné odstíny povrchu betonu. Větší ztráta vody odsátím z povrchu betonu může snížit jeho kvalitu a následně zapříčinit prašnost a sníženou tvrdost povrchu betonu.
- Nesavý povrch bednění umožňuje dosahovat hladkých povrchů betonu, při nesprávném použití odbedňovacího prostředku může ale zvýšit pórovitost betonu a vést k vytváření map a mramorování.

(1)

Tabulka 5 - Druhy pláště bednění, jejich vlastnosti a vliv na povrch betonu

Savost povrchu	Označení	Druh pláště bednění (materiál, úprava)	Typické znaky vytvořené plochy betonu	Možné vlivy na povrch betonu, příklady použití
Více savý až nejsavější →→	1a ¹⁾	hrubá prkna z pily	kresba struktury dřeva, tmavé zbarvení, po větším počtu obrátek barva postupně světlejší	dřevěná vlákna uvízlá v povrchu betonu, nízká pórovitost, možné poškození dřevním cukrem, odprýskávání pískových zrn, rozdíly v barevnosti
	1b	prkna hoblovaná	jemná kresba struktury dřeva, světlejší zbarvení než u 1a	možné poškození dřevním cukrem, odprýskávání pískových zrn, rozdíly v barevnosti, normální tvorba pórů
	1c	prkna s drážkou	plastický otisk struktury prken včetně spojů/spár mezi nimi, zbarvení jako 1b	zpravidla odpadnou výrony/otřepy na spojích prken, normální tvorba pórů
	2	drenážní vložka	síťovitý povrch, rovnoměrná textura, tmavé zbarvení	povrch nemá vizuálně rozpoznatelné póry, nebezpečí otisku záhybů textilie
	3 ²⁾	dřevotřískové desky, např. překližka povrchově neupravená	povrch lehce hrubý, tmavý, lehce skvrnitý, silně savý	nízká tvorba pórů
Nejméně savý až nesavý ←←	4	třívrstvé desky, dřevo z jehličnanů povrchově zušlechťené, broušené	dnes „klasický“ vzhled povrchu betonu vytvořeného bednicími deskami, lehce zřetelná struktura dřeva, barva betonu zpočátku tmavá, při dalších obrátkách postupně světlejší	s počtem obrátek vzrůstá tvorba pórů vlivem ucpání kapilár v dřevní hmotě
	5	třívrstvé desky, dřevo z jehličnanů kartáčované nebo pískované, lakované	plastický otisk struktury desek včetně spojů mezi nimi, světlé zbarvení	normální tvorba pórů ⁴⁾
	6	překližka, povrch upravený fenolovou pryskyřicí	dnes „klasický“ vzhled povrchu betonu vytvořeného dílci rámového bednění, povrch hladký, světlý, bez jasnější patrné textury	normální tvorba pórů ⁴⁾
	7	bednicí prvky z plastu, příp. z papírové lepenky potažené plastem	povrch hladký, světlý	zpravidla není třeba užít separačních prostředků, tvorba malého množství pórů, ovšem větší velikosti
	8	pryžové matrice	povrch podle typu matrice hladký až silně strukturovaný, světlý	nutno pečlivě těsnit spoje matic, tvorba pórů závisí na typu matrice
	9	desky z plastu, vrstvené desky s plastovým povrchem, fólie	hladký povrch, světlý, bez jasnější patrné textury	normální tvorba pórů ⁴⁾
	10 ³⁾	ocelový plech, hliníkový plech s povlakem	hladký povrch, světlý, bez jasnější patrné textury	značná tvorba pórů, nebezpečí vzniku skvrn od rzi

1) Při použití nového bednicího pláště z povrchově neupraveného dřeva hrozí chemická reakce mezi dřevem a betonem (výluh cukru). Před prvním použitím pro pohledový beton je nutno takový plášť upravit vhodným separačním prostředkem, příp. je předem natřít cementovým mlékem, nebo je nejprve použit pro méně exponované povrchy betonu.

2) Silně savé povrchy bednění je nutno před betonáží vhodně upravit, např. natřít cementovým mlékem.

3) Hliníkové díly bez povrchové úpravy nelze jako bednění použít, neboť hrozí alkalická reakce s betonem.

4) Tvorba pórů závisí na použitém separačním prostředku, jeho dávkování a dalších vlivech.

Důležitým faktorem, kterým bednění může ovlivnit barevnost betonu je doba odbedňování. Ke zlepšení by mohla dopomoci nová pomůcka firmy DOKA, která sleduje vývoj betonu v reálném čase. Systém je založen na metodě de Vree, která stanovuje zralost betonu na základě hodinového sčítání vážených zralostí. Pevnost betonu v tlaku je pak přidělena každé zralosti na základě pevnosti odvozené z kalibračního měření. Toto je však nutné ověřit experimenty. (7)

Nejhladší povrch mají povrchy vyrobené bez použití separačního prostředku. Jejich struktura se se zvyšující zpracovatelností betonu těsně blíží struktuře použitého bednění. Tato skutečnost však separační prostředky nijak nedistancuje, neboť povrchy s použitím separačního prostředku jsou více barevně vyrovnané, lze prohlásit, že povrch má na celé ploše stejnou barvu. Vedle toho povrchy bez použití separátoru měly tendenci k vytváření skvrn. (8)

3. Vad a nedostatky

3.1. Zásady hodnocení

Před samotným hodnocením vad a nedostatků by měla být stanovena projektantem, architektem, kritéria a jejich tolerance, dle kterých samotné hodnocení bude probíhat. Všechny požadavky musí být stanoveny před zahájením jejich prací. U pohledového betonu je vhodné plochy stanovit referenčními vzorky, nebo referenčními stavbami. Druhý způsob je méně vhodný, ale může sloužit jako návod pro výrobu vzorků. Běžně se jako referenční plocha uvažuje 1 m² plochy. U složitých konstrukcí je vhodné vyhotovit vzorek v měřítku 1:1 pro stěny nebo sloupy, na kterých se projeví technologie ukládání. Kvalita povrchu referenční plochy slouží jako smluvně závazný standard při přejímce pohledového betonu. Stanoví se také vzdálenost, ze které bude hodnocení probíhat, většinou je to vzdálenost, ze které bude na výsledný povrch nahlíženo během užívání stavby. Světelné podmínky by také měly odpovídat podmínkám při užívání, tj. běžné denní světlo při zatažené obloze, pokud se nejedná o prvky speciálně osvětlené.

3.2. Závady pohledového betonu

Při hodnocení je nutné si uvědomit, že některým závadám je možné se vyhnout pouze v omezeném měřítku:

- Menší barevné odchylky
- Vyšší výskyt pórů v horních vrstvách svislých dílců
- Menší krvácení na spojích bednicích dílců a v kotevních otvorech
- Tvorba map a mramorování

Závady, které nejsou tolerovány, vzniklé při nedodržení technologické kázně:

- Chyby při ukládání a hutnění betonu (štěrková hnízda, rozvrstvení betonu)
- Rezavé skvrny způsobené výztuží nebo bedněním
- Výrony cementového mléka způsobené netěsností bednění
- Převibrovaný beton (prokreslení výztuže)

Pro vizuální posouzení rovnoměrnosti barevného odstínu se plochy pohledových betonů rozdělují do úseků v rámci současně viditelných konstrukcí, a to pro každou třídu pohledových betonů. Je nevyhnutelné, aby posuzované konstrukce byly vyzrálé s přibližně stejnou vlhkostí a aby posouzení proběhlo v přiměřeném čase, nejméně však 28 dní po betonáži u vnějších povrchů a 60 dní u vnitřních povrchů. U probarveného betonu je nutno stanovit definice pro přípustnou odchylku barevného odstínu na základě zkušebních konstrukcí. (1)

4. Antracitový beton

4.1. Zadání

Cílem zkoušení bylo stanovit množství a typ pigmentu do betonu pro Přístavbu u Gayerových kasáren v Hradci Králové, přístavba by měla sloužit přírodovědeckému oddělení, které by zde mělo své sídlo, a navíc by poskytovala prostor pro prezentaci přírodovědeckých sbírek kterými disponuje.

Požadavkem architekta bylo docílit antracitově tmavého betonu, na kterém se nebudou projevovat „moc“ známky používání stavby. Dále by měl být co nejvíce vodoodpudivý, aby nedocházelo ke změně barvy částí betonu vystavených povětrnostním podmínkám vlivem nasáknutí. Jelikož pohledový beton bude plnit kromě vizuální funkce také funkci statickou, je nutné, aby beton odpovídal pevnostní třídě C30/37, stupeň vlivu prostředí - XC4 – povrchy betonu ve styku s vodou, XD1 – povrchy betonů vystavené chloridům rozptýleným ve vzduchu, XF3 – vodorovné betonové povrchy vystavené dešti a mrazu, konzistence S4 – míra poklesu sednutím kužele dle Abrams 160 – 210 mm.

Specifikace dle TP 03:

PB3-C2-H2-S2-U2-Z0-B2-T2

PB3 - Pohledový beton s velmi vysokými požadavky na vzhled, plocha pórů max 0,6 % testovaného povrchu.

C2 - Beton barevný přídatnými látkami a pigmenty, definice proběhne na základě referenčních vzorků.

H2 – S ostrými hranami.

S2 – Spínací místo se zvláštním opatřením.

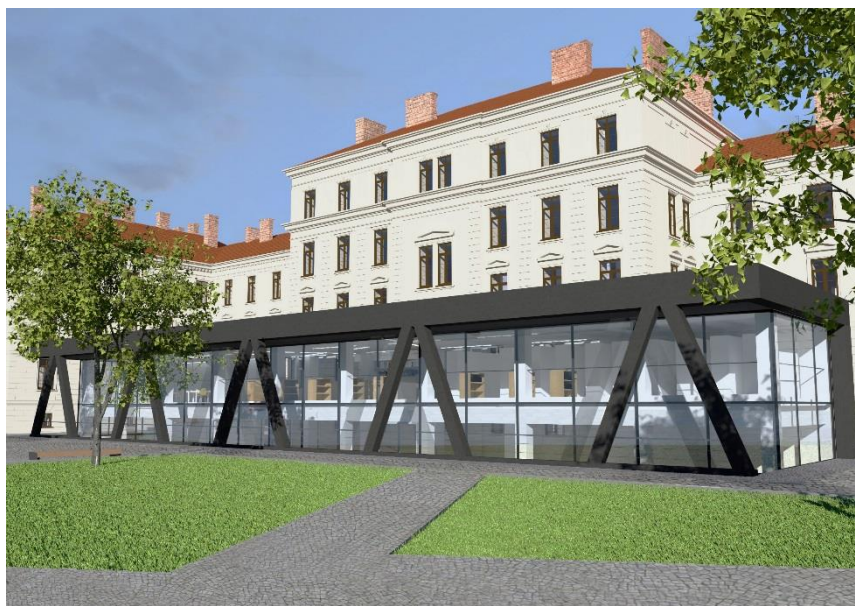
U2 – Distanční trubky, kónusy a záslepky otvorů z plastu.

Z0 – Bez závěsných míst.

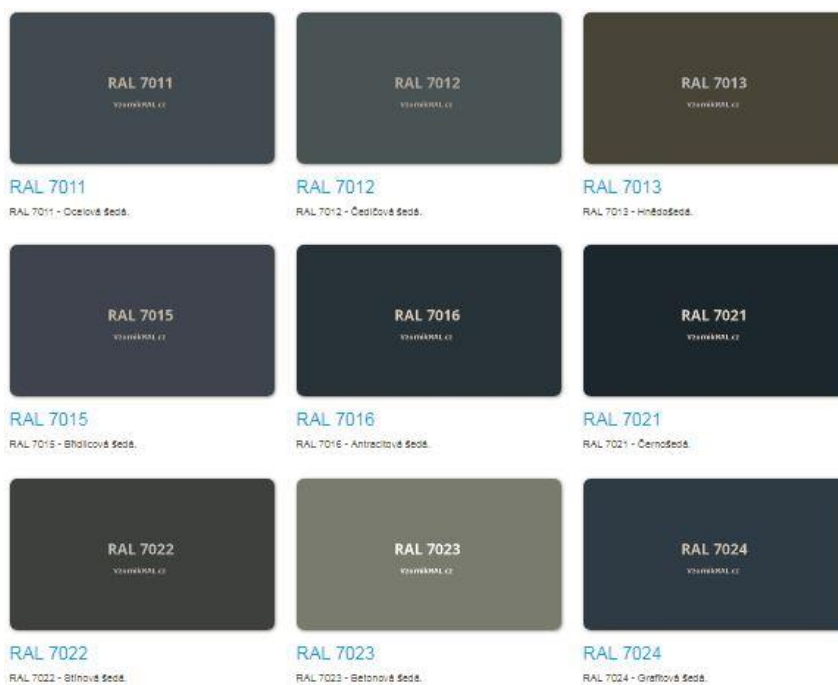
B2 – Systémové nosíkové bednění, vzhled betonu bez otisku rámu.

T2 – Textura povrchu specifikována v projektové dokumentaci.

Povrch by měl být pololesklý až lesklý, tento požadavek může být docílen pouze použitím speciálního typu bednění nebo použitím hydrofobního prostředku po odbednění, který by zajistil i požadovanou vodoodpudivost, znamenalo by to ale nutnost obnovy toho nátěru.



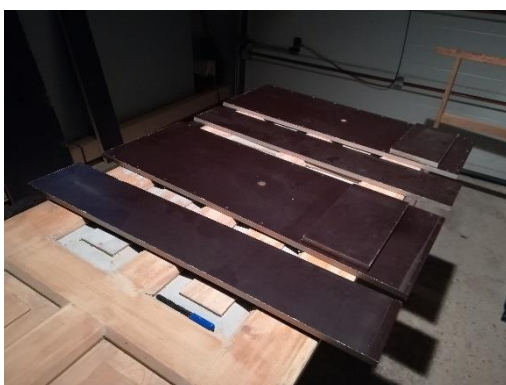
6 Vizualizace Přístavby u Gayerových kasáren
[Technico Opava s.r.o.]



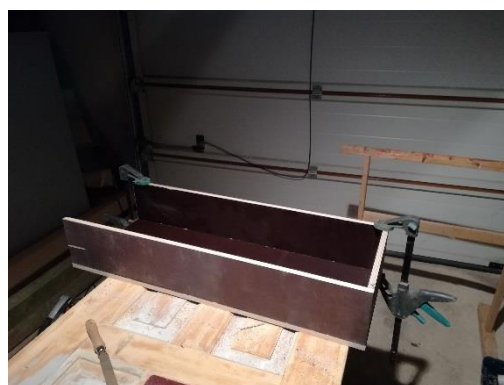
7 Vzorkovnice dle RAL
www.vzorkovnikRAL.cz

4.2. Bednění

Bednění bylo vyrobeno ze šalovací vodovzdorné foliované překližky tloušťky 18 mm spojeného vruty. Ve středu delšího půdorysného rozměru desky byl vyvrtán otvor, kterým se prostrčila spínací tyč, která zajistila dostatečnou tuhost bednění, a také poukázala, jak se ukládaná směs bude chovat v místech spínacích tyčí. Tyče také pomáhaly k usnadnění transportu plného bednění čerstvým betonem a později i samotných vzorků.



8 Jednotlivé části bednění
[Ondřej Boroš]



9 Spojování bednění
[Ondřej Boroš]



10 Pohled do bednění - spínací tyč
[Ondřej Boroš]



11 Dvě hotová bednění
[Ondřej Boroš]

Čerstvý beton byl ukládán do takto vyrobeného bednění z důvodu co možná nejvěrohodnější simulace skutečného provedení na stavbě.

4.3. Složení první sady vzorků

Vyráběné vzorky byly od nulového procentuálního zastoupení barviva až po šestiprocentní, přičemž se dávka barviva zvyšovala po 2 %. Byl použit tekutý pigment od firmy Sika® – ColorFlo, odstín 920. Množství pigmentu bylo stanoveno dle procenta v obsažené směsi na základě množství cementu a příměsí v betonu.



12 Pigment od společnosti Sika
[Ondřej Boroš]

Tabulka 6 Přepočítání procentuálního zastoupení pigmentu na hmotnost

Pigment [%]	0	2	4	6
Pigment [kg]	0	8,2	16,4	24,6

Jako přísady byly použity výrobky značky Sika® a to konkrétně BV 4 – plastifikátor se stabilizujícím účinkem, a ViscoCerte®-1035 CZ – univerzální a vysoce účinný superplastifikátor pro transportbetony.

Cement byl použit CEM I 42,5 R a příměs popílku EMĚ Mělník dle ČSN EN 450. Kamenivo frakce 0-4/4-8/8-16 z oblasti Ledčice (světlá okrová barva).

Samotná receptura byla přejata od TBG Metrostav, cílem bylo stanovit typ barviva a množství pro docílení požadavku.

Na základě ověření fyzikálně-mechanických vlastností probarveného betonu byly vyráběny od každého vzorku krychle o hraně 150 mm, válec 150x300 mm. Dále

byly vyráběny vzorky, které sloužily jako pro ukázkou vlastní barvy betonu, krychle o hraně 100 mm a dlaždice (obrubníky) 400x200x40 mm.



*13 Krychle receptur 4% a 6%
[Ondřej Boroš]*

4.3.1. Výroba a ukládání čerstvého betonu

První sady vzorků byly vyráběny v betonárně společnosti TBG Metrostav na Rohanském ostrově, tato betonárna má již 50letou tradici a disponuje zkušební laboratoří, ve které byly vzorky podrobeny zkouškám pevnosti v tlaku, pevnosti v tahu a modulu pružnosti.

Betonárna je vybavena mísícím jádrem značky Stetter, jedná se o dvouhřídelovou míchačku o maximálním objemu 2,25 m³ a výkonem 90 m³/K dispozici má 8 zásobníků na přísady - 3 druhy cementu, 5 frakcí kameniva, to umožňuje míchání nepřeberného množství receptur.



14 Dvouhřídelové mísící jádro - TBG Metrostav Rohanský ostrov
[Ondřej Boroš]

Celý proces výroby je ovládán automatickým řídicím systémem. Jednotlivé receptury (včetně jejich pořadových čísel) jsou uloženy do počítačové databáze (provádí technolog, nebo podle jeho pokynů dispečer event. míchač nebo výrobní nebo obchodní náměstek). Originály receptur jsou uloženy u technologa TBG METROSTAV s.r.o.. Technolog kontroluje a schvaluje receptury ukládané dalšími oprávněnými osobami do databáze počítače (i receptury dodané zákazníkem) a zodpovídá za správnost uložených receptur.

Postup míchání probíhá následně. Obchodní oddělení nebo dispečer vkládá do řídicího programu identifikační údaje o zákaznících spolu s požadavky na třídu,

druh a množství požadovaného výrobku. Dispečer nebo míchač zadává do systému jednotlivé objednávky s konkrétními údaji o zákazníkovi, stavbě, receptuře, objednaném množství, čase, rychlosti betonáže a dalšími požadavky. Dávkování všech složek je prováděno vážením dle katalogu receptur typových výrobků pro jednotlivé provozy TBG METROSTAV s.r.o., který je uložen v databázi řídicího systému. Přísady jsou dávkovány podle údajů výrobce buď do suché směsi nebo současně s vodou. Čas a pořadí dávkování jsou uloženy separátně pro každou recepturu. Doba míchání nesmí být kratší, než je předepsaná výrobcem míchačky, tj. 25 s. Žádanou dodávku řídicí systém rozdělí na potřebný počet záměsí, maximálně však do předepsaného nejvyššího objemu míchačky. Dávkování materiálu do každé záměsi systém eviduje a případně vytiskne. Otevření výpusti probíhá automaticky, lze však zastavit příkazem obsluhy betonárny přepnutím ovládacím uzávěrem na ruční provoz. V případě poruchy automatizovaného řídicího systému lze celý proces výroby dokončit v ručním režimu. (8)



*15 Dispečink TBG Metrostav Rohanský ostrov
[Ondřej Boroš]*

Na betonárnu jsou kladeny požadavky co do přesnosti dávkování, účinnosti míchání a řízení míchacího procesu. Mísící centrum musí zajistit rovnoměrné promíchání jednotlivých vstupních složek a dosažení stejnoměrné konzistence. (1) Mísící centrum má k dispozici hodnoty odporu kladeného čerstvým betonem na hřídele mísícího jádra, ze kterého je obsluha schopna vyráběnou směs upravit

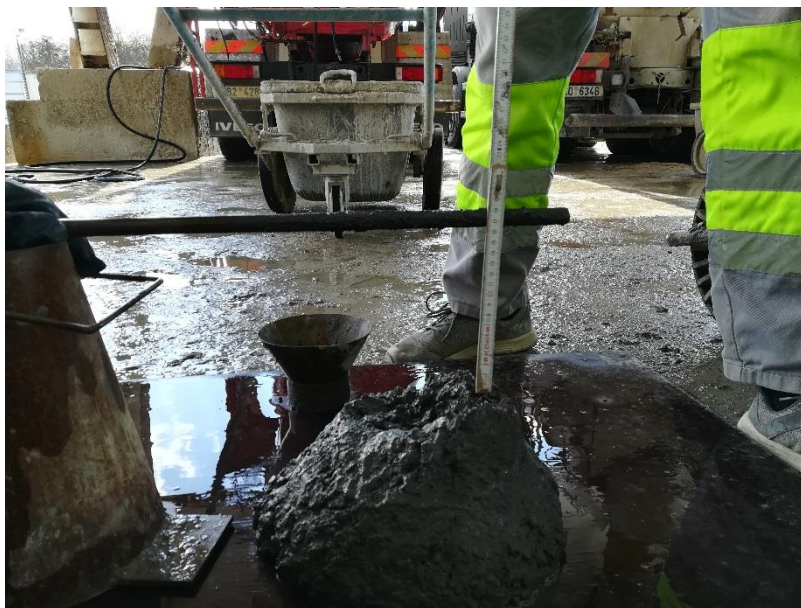
přidáním vody. Záměsová voda se nepřidává vždy všechna dle receptury, obsluha upravuje množství na základě odporu směsi a venkovní teploty, vše však záleží na zkušenosti obsluhy.

Po propadnutí směsi do autodomíchávače stroj směs vytlačil a čerstvý beton byl jímán do koleček, kterými byl přepraven do laboratoře pro samotnou výrobu zkušebních těles, ale také referenčních.

U každého vzorku byla ověřena konzistence betonu zkouškou sednutím, hodnoty viz. Tab 7. U 4 % vzorku byla konzistence 60 mm, což odpovídá stupni S2. Toto bylo způsobeno mícháním malého množství betonu, tudíž na odporový senzor v mísícím jádru se nebylo možné spolehnout. Jelikož je přísně zakázána jakákoliv úprava konzistence čerstvého betonu přidáním záměsové vody na staveništi, směs se dále neupravovala.

Tabulka 7 - Hodnoty konzistence vzorků a teplot během výroby

Beton	Označení receptury	Hodnota konzistence sednutím [mm]	Stupeň konzistence	Teplota prostředí [°C]	Teplota betonu [°C]
C30/37	0	195	S4	-4	12,5
C30/37	2	160	S4	-2	12,9
C30/37	4	60	S2	0	13,2
C30/37	6	165	S4	2	13,6



16 Zkouška konzistence - sednutím
[Ondřej Boroš]

Pro dva nejtmaší odstíny byly vytvořeny referenční vzorky o rozměrech 300x150x900 mm lité do vyrobeného bednění, materiálově odpovídajícího bednění, které bude použito, beton byl ukládán shora pádem do bednění a byl vibrován ponorným vibrátorem, vše bylo prováděno tak, aby co nejvíce napodobilo skutečné ukládání směsi na stavbě a popřípadě ukázalo nezvyklosti oproti neprobarvené směsi, na které bude nutné provádějící firmu upozornit.



17 Ukládání betonu pro výrobu referenční plochy
[Ondřej Boroš]

4.3.2. Výsledky zkoušek a hodnocení barvy

4.3.2.1. Mechanické zkoušky

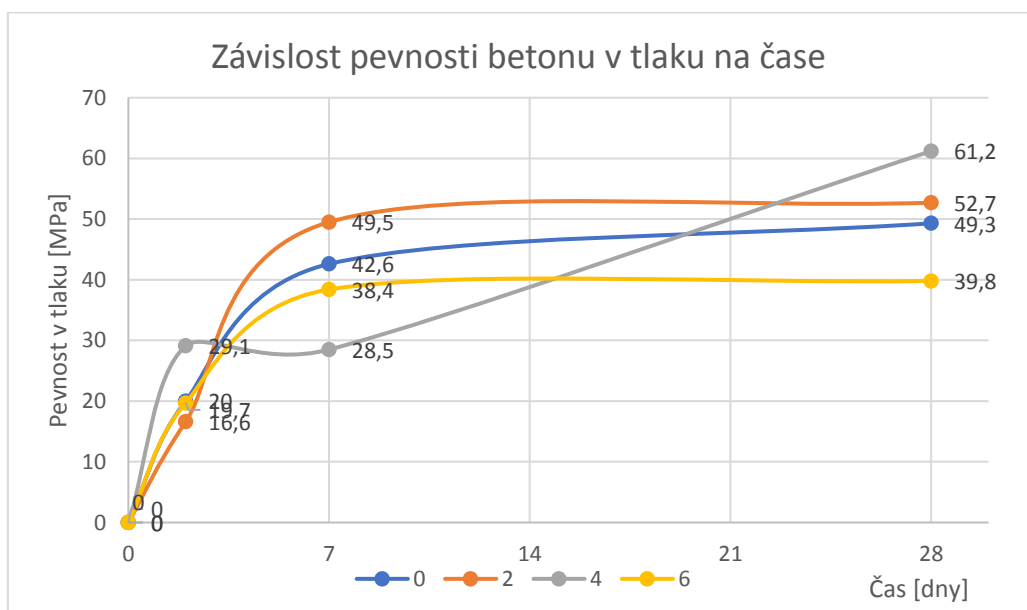
U první sady vzorků se mechanické zkoušky nedělali pouze za účelem ověření pevností, ale také kvůli vlivu příměsí na pevnost betonu. Dle výsledků stanovit maximální množství pigmentu bez nutnosti úpravy receptury, nebo změně třídy betonu za vyšší.

K tomu sloužily zkoušky pevnosti v tlaku po 2,7,28 a 90 dnech, zkoušky pevnosti v tahu po 2,7 a 28 dnech a stanovení modulu pružnosti 7 a 28denního betonu. Hodnoty pevností v tlaku po 90 dnech nejsou v tuto chvíli známy, budou naměřeny 19.6.2018. Pro názornost však osmadvacetidenní hodnoty postačí.

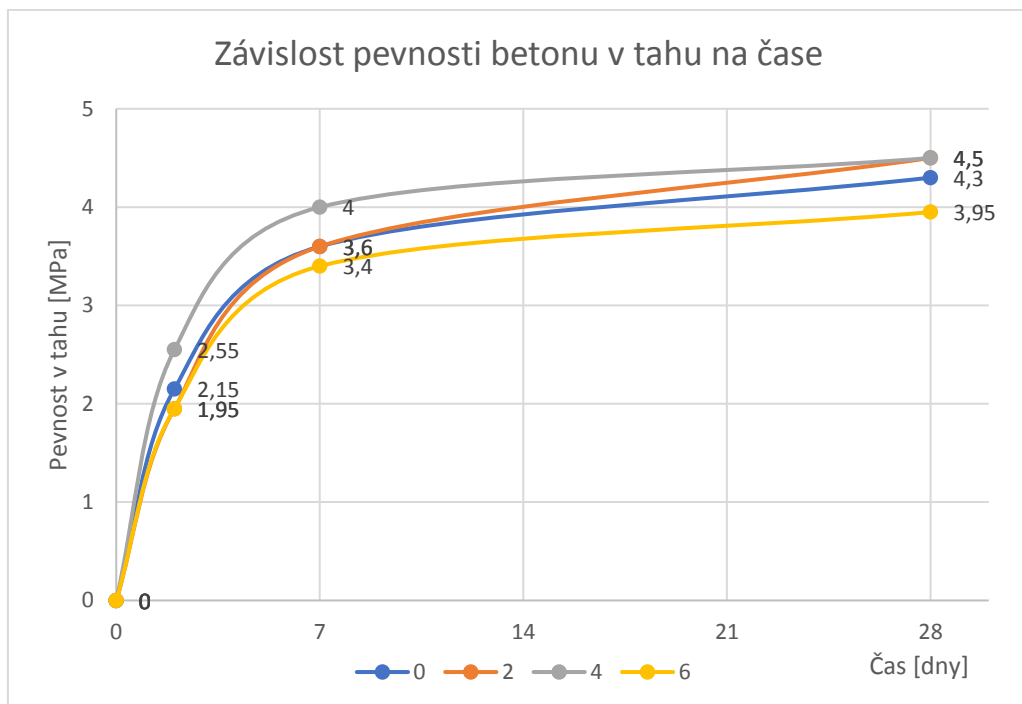
Tabulka 8 - Výsledky mechanických zkoušek ztvrdlého betonu

Beton	Označení receptury	Pevnost v tlaku [MPa]			Pevnost v tahu [MPa]			Modul pružnosti [Gpa]	
		2	7	28	2	7	28	7	28
Čas [dny]									
C30/37	0	20	42,6	49,3	2,15	3,6	4,3	29,1	32,9
C30/37	2	16,6	49,5	52,7	1,95	3,6	4,5	29,4	32,2
C30/37	4	29,1	28,5	61,2	2,55	4	4,5	29,9	33,1
C30/37	6	19,7	38,4	39,8	1,95	3,4	3,95		30,5

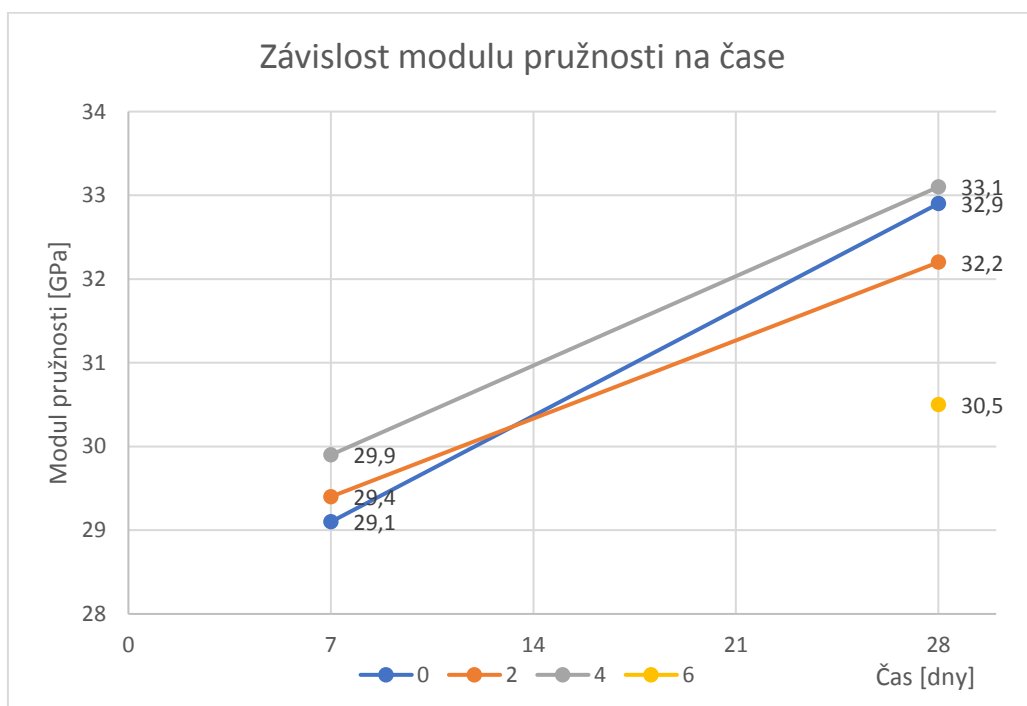
[Ondřej Boroš]



Graf 1 - srovnání pevnosti betonu v tlaku receptur 0%,2%,4%,6%



Graf 2 - srovnání pevnosti betonu v tahu receptur 0%,2%,4%,6%



Graf 3 - srovnání modulu pružnosti betonu receptur 0%,2%,4%,6%

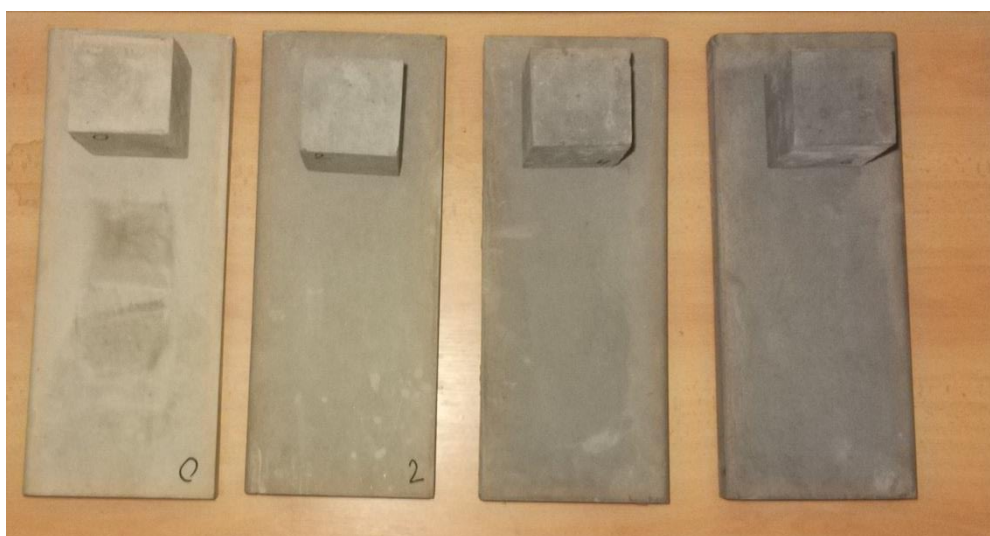
Z jednotlivých výsledků zkoušek je patrné, že hodnoty pro recepturu 6 jsou podstatně menší, pevnost v tlaku od 7. do 28. dne vzrostla o 0,4 MPa oproti receptuře 0 a 2, jejichž nárůst během stejné doby je 6,7 MPa (resp. 3,2 MPa). Schválně vynechávám hodnocení receptury 4, jelikož její hodnota v 7 dnech byla špatně naměřena. Z tendence klesání hodnoty nárůstu pevnosti během zmiňovaného

období by se její hodnota pohybovala někde mezi sousedními hodnotami. Pevnost v tahu se směrem od 0 po 4 recepturu zvyšuje, je to způsobeno množstvím jemných částic v betonu, ale pouze do určitého zastoupení. Jak je patrné, u receptury 6 pevnost znovu klesá, příliš velké množství jemných částic působí negativně na mechanické vlastnosti betonu.

4.3.2.2. Vizuální vlastnosti

Pohledový beton je nutné vizuálně hodnotit až po jeho vyzrání, násobně toto pravidlo platí pro betony probarvované, jelikož postupným vysycháním povrch světlá. Proto je velmi důležité počkat minimálně 3-4 týdny po odbednění konstrukce a až poté barevnost zhodnotit.

U první sady vzorků, které obsahovaly barvivo značky Sika, byl patrný rozdíl v odstínech jednotlivých receptur pouze pokud byly vzorky porovnávány mezi sebou. Antracitové barvě neodpovídal ani ten nejtmaší s obsahem 6 % barviva, působil spíše šedomodře. Tento pigment nevykazuje dost silné barvicí schopnosti.



18 První sada vzorků, zleva receptura 0%,2%,4%,6%
[Ondřej Boroš]



19 První sada, zleva 4%,6%
[Ondřej Boroš]

Po vyzrání obou vzorků se receptura 4% od 6% barevně moc neliší, je to způsobeno hustší konzistencí receptury 4, která byla stupně S2 – 60 mm sednutím namísto S4 – 160 – 210 mm. Na Obr.20 krychlí po jejich rozlomení je rozdíl v barevnostech zmiňovaných vzorků nepatrný.



20 Vzorky po rozlomení, zleva 0%,2%,4%,6%
[Ondřej Boroš]

4.4. Složení druhé sady vzorků

Druhá sada vzorků se od první lišila v použití barviva jiného výrobce, konkrétně Schomburg - remicolor® C-90 v množství 5% doporučeného výrobcem. I při tomto množství výsledné vzorky po otěru špinily, proto je nutné uzavřít jeho povrch hydrofobním nátěrem.



21 Barvivo značky Schomburg
[Ondřej Boroš]



22 Vzorkovnice Schomburg
[Ondřej Boroš]

Bylo také použito tmavší kamenivo z lomu Dobkovičky, jedná se o tmavě šedý čedič. Cement a přísady zůstaly stejné jako u první sady.



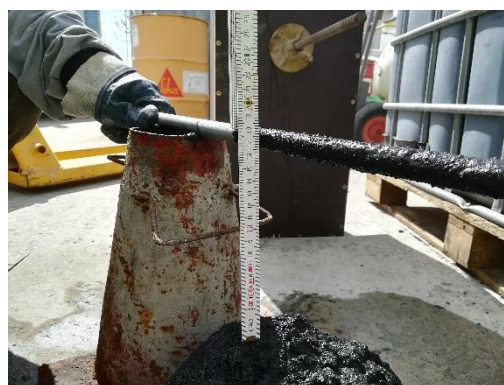
23 Kamenivo použité při výrobě probarveného betonu
[Ondřej Boroš]

Proces výroby probíhal obdobně, jako u první sady, z důvodu změny kameniva byly vzorky vyráběny v betonárně TBG Metrostav v Písnici. Rozdílem betonáren je jiný typ mísícího jádra, v Písnici používají k mísení talířové míchačky s menším objemem – 2 m³.

Byly vyráběny dvě receptury, které se od sebe lišily pouze v konzistenci, aby bylo poukázáno na rozdílnost barevnosti při nedodržení konzistence při stejné receptuře. Na požadavek architekta byla navíc k jedné stěně bednění přiložena deska z plexiskla, která byla ošetřena odbedňovacím prostředkem.



24 Zkouška konzistence sednutím
[Ondřej Boroš]

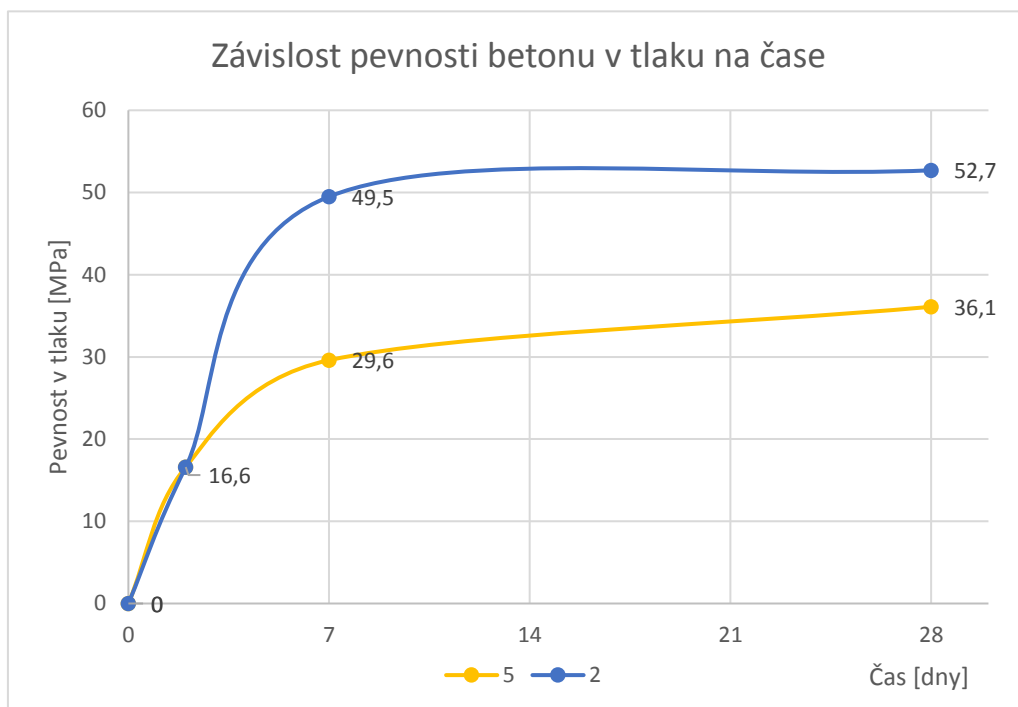


25 Zkouška konzistence sednutím
[Ondřej Boroš]



26 Deska z plexiskla vkládaná do bednění
[Ondřej Boroš]

Po zamísení směsi byla provedena zkouška konzistence sednutím. Poté byly naplněny formy na výrobu krychlí, pro laboratorní zkoušky, a překližkové bednění pro referenční vzorky. U druhé sady se mechanické zkoušky prováděli pouze pro ověření dostatečných hodnot pevnosti v tlaku.



Graf 4 Srovnání pevností v tlaku 2% (1.sada) a 5% vzorku (2.sada)

Dle naměřených hodnot pevností v tlaku je vidět, že druhá sada vzorků nevyhovuje požadovaným pevnostem 37 MPa, hodnota byla stanovena ze 3 měření.

Povrch na dotyku s plexisklem nevyšel podle předpokladů, vykazoval žlutozelené výkvěty způsobené reakcí odbedňovacího prostředku s plexisklem.

4.5. Porovnání vzorků

Druhá sada vzorků splnila požadavek na barevnost betonu v odstínu antracitu. Zajímavé při porovnání jednotlivých barev je fakt, že při použití barviva Schomburg odstínu C-90 vzorky vykazovali opačné vlastnosti, než se uvádí. Vzorek s vyšším vodním součinitelem je tmavší než ten s nižším. To mohlo být způsobeno nedostatečným rozmísením pigmentu. Mezi jednotlivými barvivy je vidět markantní rozdíl, při porovnání se probarvený beton barvivem značky Sika jeví jako kdyby nebyl probarvený vůbec.



*27 Referenční vzorky probarveného betonu čerstvě po odbednění
(zleva - 5% S2, 5% S4, 6% S4, 4% S2)
[Ondřej Boroš]*



28 Referenční vzorky probarveného betonu 4 týdny po odbednění
(zleva - 5% S2, 5% S4, 6% S4, 4% S2)
[Ondřej Boroš]



29 Vzorky po rozlomení
(zleva horní - 5% S4, 4% S2, 0% S4
zleva dolní - 5% S2, 6% S4, 2% S4)
[Ondřej Boroš]

ZÁVĚR

Během celé výroby vzorků se jednoznačně potvrdilo, že na barevnost výsledného betonu, který má plnit i funkci pohledovou, má vliv mnoho faktorů. Ať už v části výroby čerstvého betonu, tak při jeho ukládání. Z provedených vzorků byly patrné dva největší faktory ovlivňující jeho konečnou barevnost. Prvním je typ pigmentu. Dávka pigmentu Sika byla u nejlépe probarveného vzorku 6 %, barva však stále neodpovídala žádanému odstínu. Výrobce deklarované maximální množství pigmentu bylo 4 %, v tomto množství pigment zásadně neovlivňoval mechanické vlastnosti. Při 6 % dávce pevnost v tlaku klesla na 39,8 MPa, což ale stále splňuje požadavky na pevnost pro beton C30/37. Pigment značky Schomburg byl přidáván v 5 % množství, maximální dávka deklarovaná výrobcem, barva odpovídala požadavku, ale pigment zásadně ovlivnil pevnost betonu v tlaku, 36,1 MPa. Druhým faktorem byla konzistence čerstvého betonu. Hutnější beton dává tmavší odstín u pigmentu Sika, u pigmentu značky Schomburg došlo k opačnému jevu. Beton s konzistencí S4 byl tmavší než beton s konzistencí S2. Kamenivo hraje svou roli na barevnosti pouze pokud je finální povrch dále technologicky upravován. Pokud je povrch betonu vytvořen pouze otiskem bednicího pláště, na barevnost má vliv pouze jemná složka. Dále na odstín má vliv materiál, který je použit pro plášť bednění, savé povrchy dávají tmavší odstíny betonu, nesavé pak světlejší. Povrch s otiskem plexiskla vykazoval větší množství drobných pórů než povrch tvořený otiskem překližky. To má za následek použitý odbedňovací prostředek, při jeho nepoužití je povrch hladší, blíží se povrchu bednicího pláště, na povrchu se však vytvářejí mapy (mramorování). Separční prostředek zajišťuje vyrovnanou barevnost celé bedněné plochy. Odbedňovací čas se na barevnosti projeví také, to je však nutné ověřit u každého pigmentu konkrétně.

Aby se docílilo požadovaného výsledku je nutné provést referenční vzorky, které budou přesně reprezentovat konkrétní typ konstrukce, nejlépe po celé její výšce, a simulovat tak podmínky, za kterých se bude čerstvý beton ukládat do bednění, aby se prokázaly všechny vlivy, resp. možnost dosažené (požadované) kvality. Pro třídy pohledového betonu PB3 a PBS bych proto vždy doporučil provést referenční vzorek 1:1.

Ke spolupráci je vhodné přizvat technologa betonárny, aby se vyjádřil k danému požadavku, jelikož se často u vyšších tříd pohledového betonu používají nadstandardní suroviny, kterými za normálních podmínek betonárna nedisponuje. Ať už se to týká kameniva, cementu nebo samotného pigmentu. Pokud se jedná o netypické konstrukce, nebo je požadavek na speciální technologickou úpravu povrchu, je vhodné zapojit do spolupráce specialistu na bednění. Za zamyšlení by stálo ověřit, jak se změní výsledný odstín povrchu při různých dobách odbednění, způsobenými technologickou pauzou. K tomuto by mohl výrazně pomoci novinka firmy Doka – Concremote, která online sleduje vývoj pevnosti betonu na základě jeho zralosti. Proto se dá spolehlivě odbedňovat na základě ověřených informací a zbytečně se neprotahuje doba odbednění.

Konstrukce z probarveného pohledového betonu jsou velmi náročné na přípravu i na realizaci, proto je velmi důležité dodržovat technologickou kázeň, jedině tak se dá docílit požadovaného výsledku.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ

1. **KASAL, Pavel, Rudolf HELA, Petr FINKOUS a Václav LORENC.** *Pohledový beton: technická pravidla ČBS 03 (2018). 2., přepracované vydání.* Praha : Česká betonářská společnost ČSSI, 2018. 978-80-906759-3-3.
2. **MARGOLDOVÁ, Jana.** Pojem pohledový beton. *Beton TKS.* 2008, str. str.10.
3. **MERKO CZ, a.s.** <https://www.merko.cz/>. [Online] [Citace: 19. 05 2018.]
4. **PYTLÍK, Petr.** *Technologie betonu.* Brno : Vysoké učení technické, 1997.
5. **SVOBODA, Luboš.** *Stavební hmoty. 2. přeprac. a dopl. vyd.* Bratislava : Jaga, 2007. ISBN: 978-80-8076-057-1.
6. **MARGOLDOVÁ, Jana.** Barevný, ne jen šedý beton. *BETON TKS.* 2010, 1.
7. **Doka s.r.o.** Monitorování vývoje betonu v reálném čase. *Doka Xpress.* 2018, 1.
8. **MAZUROVÁ, Milada.** *Technologický předpis pro výrobu čerstvého betonu a cementopískových směsí, mazanin a potěrů.* Praha : TBG Metrostav, 2017.
9. **COLLEPARDI, Mario.** *Moderní beton.* Praha : Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2009. 978-80-87093-75-7.
10. **REITERMAN, Pavel, Karel KOLÁŘ, Tomáš KLEČKA, Michaela DUDÍKOVÁ.** Vliv vybraných vlastností betonu na kvalitu povrchových vrstev pohledového betonu. *15. Betonářské dny 2008.* 2008.

SEZNAM OBRÁZKŮ

1 Talířová míchačka.....	- 18 -
2 Dvouhřídelová míchačka	- 19 -
3 Planetární míchačka.....	- 19 -
4 Rozdíl v použití šedého a bílého cementu	- 21 -
5 Železniční most ve Stockholmu	- 29 -
6 Vizualizace Přístavby u Gayerových kasáren	- 37 -
7 Vzorkovnice dle RAL.....	- 37 -
8 Jednotlivé části bednění.....	- 38 -
9 Spojování bednění.....	- 38 -
10 Pohled do bednění - spínací tyč.....	- 38 -
11 Dvě hotová bednění.....	- 38 -
12 Pigment od společnosti Sika	- 39 -
13 K rychlé receptur 4% a 6%	- 40 -
14 Dvouhřídelové mísící jádro - TBG Metrostav Rohanský ostrov	- 41 -
15 Dispečink TBG Metrostav Rohanský ostrov	- 42 -
16 Zkouška konzistence - sednutím	- 44 -
17 Ukládání betonu pro výrobu referenční plochy.....	- 44 -
18 První sada vzorků, zleva receptura 0%,2%,4%,6%	- 47 -
19 První sada, zleva 4%,6%	- 48 -
20 Vzorky po rozlomení, zleva 0%,2%,4%,6%.....	- 48 -
21 Barvivo značky Schomburg	- 49 -
22 Vzorkovnice Schomburg.....	- 49 -
23 Kamenivo použité při výrobě probarveného betonu.....	- 49 -
24 Zkouška konzistence sednutím	- 50 -
25 Zkouška konzistence sednutím	- 50 -
26 Deska z plexiskla vkládaná do bednění.....	- 50 -
27 Referenční vzorky probarveného betonu čerstvě po odbednění.....	- 52 -
28 Referenční vzorky probarveného betonu 4 týdny po odbednění.....	- 53 -
29 Vzorky po rozlomení	- 53 -

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Třídy pohledového betonu a doplňkové specifikace	- 13 -
Tabulka 2 - Složení cementu CEM I dle ČSN EN 197-1	- 20 -
Tabulka 3 - Vhodné pigmenty pro probarvené betony	- 27 -
Tabulka 4 - Základní typy bednění a jejich vlastnosti	- 31 -
Tabulka 5 - Druhy pláště bednění, jejich vlastnosti a vliv na povrch betonu	- 32 -
Tabulka 6 Přepočet procentuálního zastoupení pigmentu na hmotnost	- 39 -
Tabulka 7 - Hodnoty konzistence vzorků a teplot během výroby	- 43 -
Tabulka 8 - Výsledky mechanických zkoušek ztvrdlého betonu	- 45 -

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 - srovnání pevnosti betonu v tlaku receptur 0%,2%,4%,6%	- 45 -
Graf 2 - srovnání pevnosti betonu v tahu receptur 0%,2%,4%,6%	- 46 -
Graf 3 - srovnání modulu pružnosti betonu receptur 0%,2%,4%,6%	- 46 -
Graf 4 Srovnání pevností v tlaku 2% (1.sada) a 5% vzorku (2.sada)	- 51 -