

***Využití mletého betonového recyklátu
jako částečné náhrady cementu
nebo jako mikroplniva
v cementových kompozitech***

Ivana Chromková, Lubomír Zavřel

BETONOVÝ RECYKLÁT

- Stavební materiál vyrobený z drceného a recyklovaného betonu pocházejícího z demolic, rekonstrukcí a dalších stavebních projektů
- Ekologická a ekonomická varianta pro přípravu nových betonových směsí



BETONOVÝ RECYKLÁT



mechanicky upravený BETON

- ✓ je tvořen z 65 – 70 % hrubým a jemným kamenivem, zbytek je tvořen cementovou pastou. Jemná frakce betonu vznikající při recyklaci betonu je tvořena z velké části právě cementovou pastou.
- ✓ **Stará cementová pasta obsahuje množství zrn, která ještě nejsou zhydratovaná.**
- ✓ **Pomocí mletí** nebo dalších úprav **mohou být tato zrna odhalena** a mohla by znovu reagovat



nutnost mlít na jemnost vyšší než cement

MLETÝ BETONOVÝ RECYKLÁT je pak dále využitelný do betonu:

- Částečná náhrada cementu
- Funkce mikropřniva

Literární řešerše:

1) Náhrada cementu v cementové pastě

- **Zvýšení pórovitosti** a spolu s tím i **pokles pevnosti v tlaku**. Pokles pevnosti v tlaku byl sledován téměř lineární s rostoucím množstvím recyklované betonové moučky.
- Naopak **pevnost vzorků v tahu za ohybu se vlivem obsahu recyklované betonové moučky zvětšila**. Pevnost v tahu za ohybu vzorků s náhradou 20 hm.% cementu se oproti referenční směsi téměř zdvojnásobila.
- **Doporučena max. náhrada cementu 30 %**.

2) Náhrada cementu v cementových maltách

- Při náhradách do 15 % sledován **mírný nárůst pevnosti v tlaku i tahu za ohybu**, avšak u náhrady 5 % nárůst až o 20%
- Nárůst modulu pružnosti cca 10 %

jiné literární zdroje:

- Rostoucí množství mleté betonové moučky (až do 40 %) **negativně ovlivnilo zpracovatelnost, oddálilo počátek tuhnutí, významně se zvýšila nasákavost a snížily pevnostní charakteristiky**

EXPERIMENTÁLNÍ OVĚŘOVÁNÍ VYUŽITELNOSTI MLETÉHO BETONOVÉHO RECYKLÁTU

Testovány a porovnávány byly vzorky betonového recyklátu:

- **P** - prefabrikovaná výroba (ořezy z výroby panelů, zmetky z výroby)
- **B** - komerčně prodáváný recyklát z výroby (jiný výrobce prefabrikátů)
- **D** - materiál z opravy/rekonstrukce D1

POŽADAVKY



**Stanovení vhodného způsobu mletí betonového recyklátu
k dosažení požadovaných parametrů**

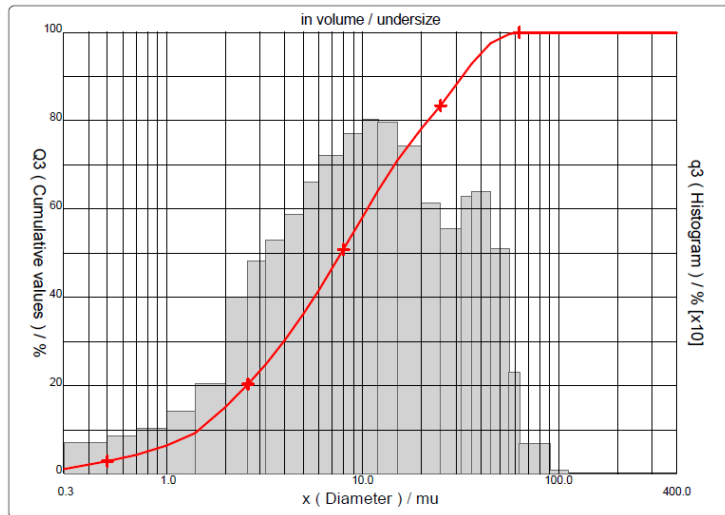
Parametry mletím upravených betonů

Označení	Měrná hmotnost	Měrný povrch
	[g/cm ³]	[m ² /kg]
B	2,633	650,9
P	2,533	671,5
D	2,607	605,4
CEM I 42,5R	3,105	437,9

- ✓ mletím upraveno na větší jemnost než CEM I 42,5 R

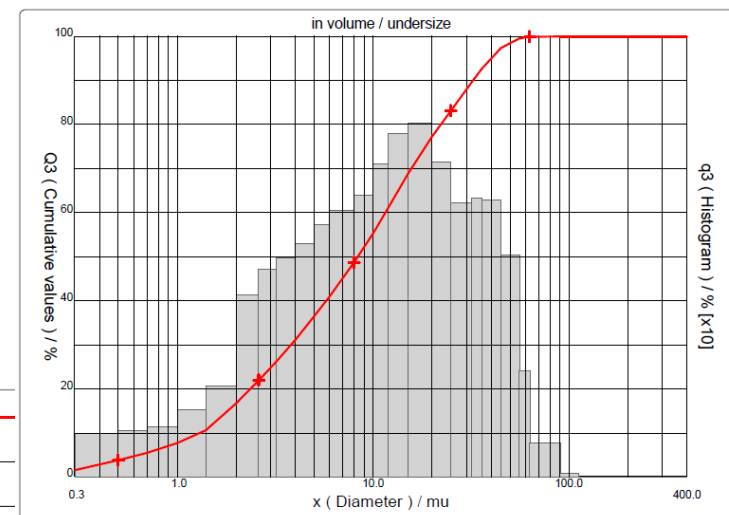
Stanovení distribuce velikosti částic – CILAS

recyklát **B**



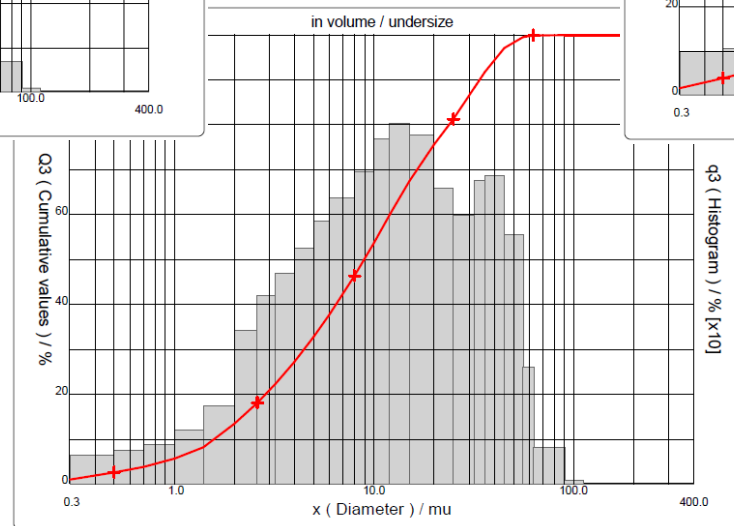
Diameter at 10% : 1.46 μ m
 Diameter at 50% : 7.79 μ m
 Diameter at 90% : 32.33 μ m
 Mean diameter : 12.56 μ m

recyklát **D**



Diameter at 10% : 1.30 μ m
 Diameter at 50% : 8.36 μ m
 Diameter at 90% : 32.53 μ m
 Mean diameter : 12.90 μ m

recyklát **P**



Diameter at 10% : 1.58 μ m
 Diameter at 50% : 8.93 μ m
 Diameter at 90% : 33.89 μ m
 Mean diameter : 13.63 μ m

OVĚŘOVÁNÍ VYUŽITELNOSTI DO HMOT NA BÁZI CEMENTU

Fáze laboratorního ověřování

- ✓ I. fáze: zkoušky mletých recyklátů v cementových pastách
(doba tuhnutí, stanovení optimální vody, objemová stálost)
- ✓ II. fáze: částečná náhrada cementu v normových maltách
- ✓ III. fáze: částečná náhrada cementu / příměs v drobnozrnných betonech

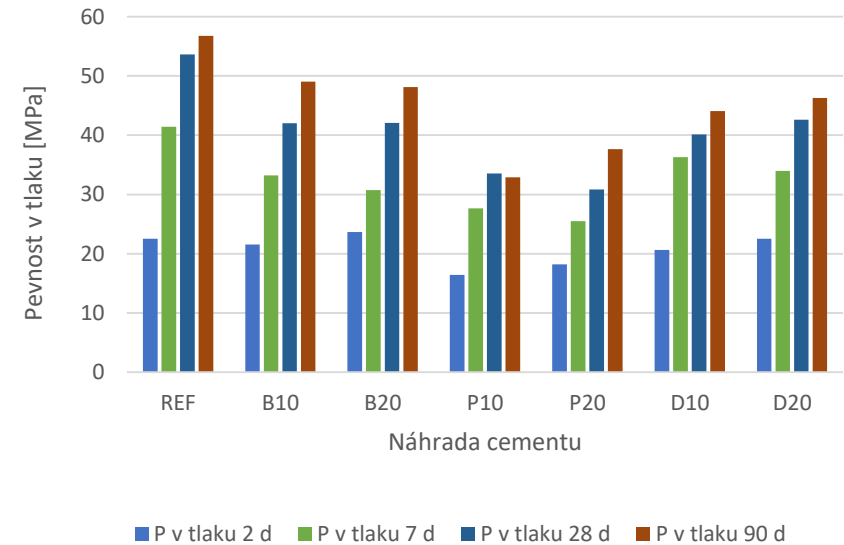
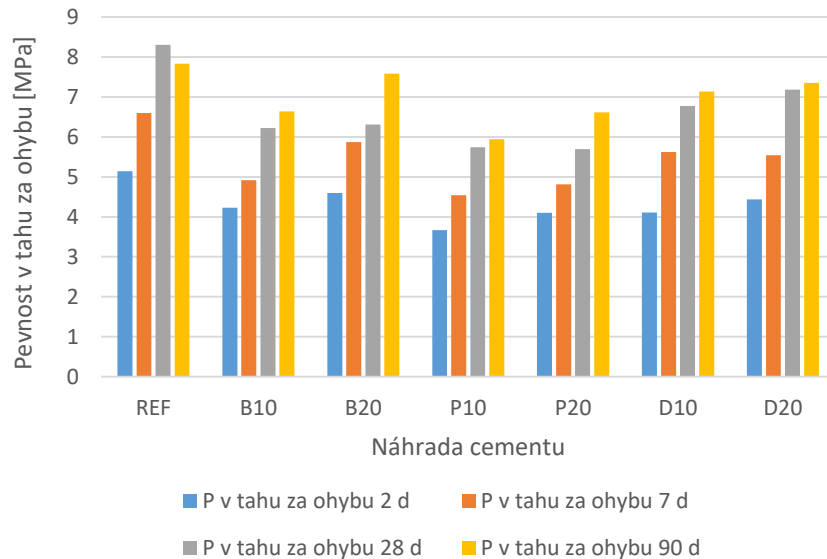
I. fáze - zkoušky mletých recyklátů v cementových pastách

- **Optimální množství záměsové vody a doba tuhnutí –**
 - ✓ Zvýšená potřeba vody (cca 1 - 5 % hm.)
 - ✓ Recykláty **B** a **D** mírně posunutý začátek tuhnutí (o 10 a 30min), celková doba tuhnutí srovnatelná s CEM I 42,5 Mokrý.
 - ✓ Vzorek **P** – počátek i celková doba tuhnutí posunuta o 80, resp. 100 minut.
- **Stanovení objemové stálosti –** všechny vzorky splňují požadavky (roztážnost 0,0 mm, resp. 0,5 mm)

Označení	Optimální voda pro normální konzistenci	Doba tuhnutí		Roztažnost
		Počátek	Celková	
	[%]	[hod:min]	[hod:min]	[mm]
B	29,5	3:30	4:20	0,0
P	32,0	4:20	6:00	0,0
D	30,5	3:10	4:10	0,5
CEM I 42,5R	28,5	3:00	4:20	0,0

II. fáze - částečná náhrada cementu v normových maltách

– náhrada 10 a 20 % v normové maltě



Vysvětlivky: B... komerčně dostupný recyklát z výroby betonu, P... recyklát z výroby prefabrikátů, D... z modernizace D1

Dílčí závěry – porovnání se závěry publikovaných výzkumů:

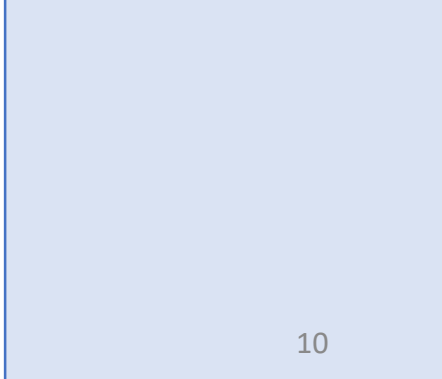
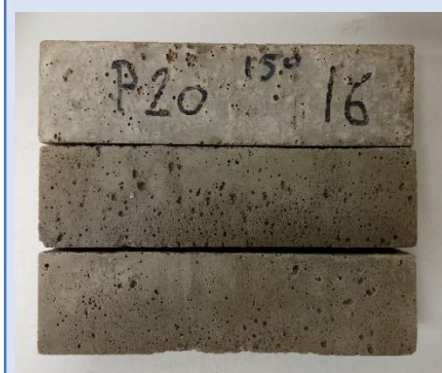
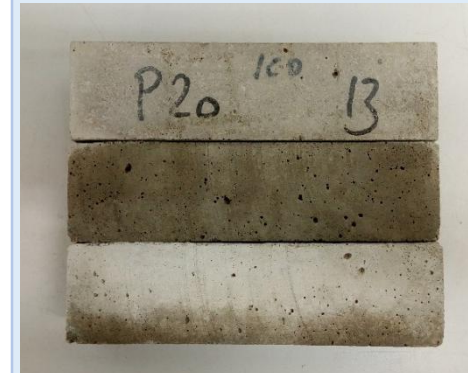
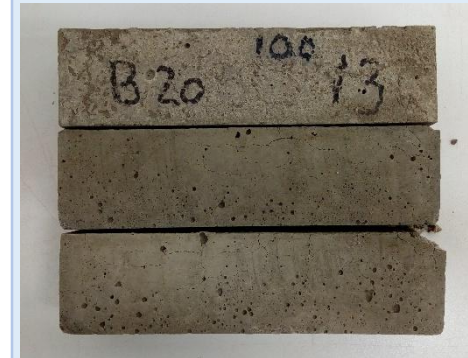
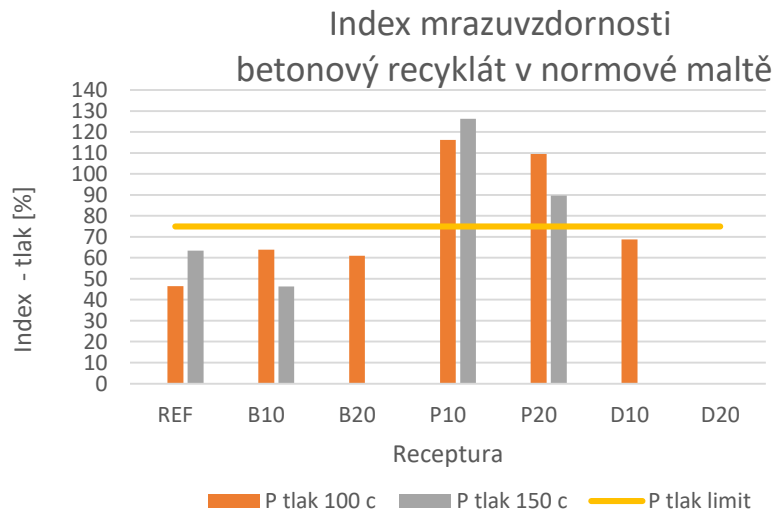
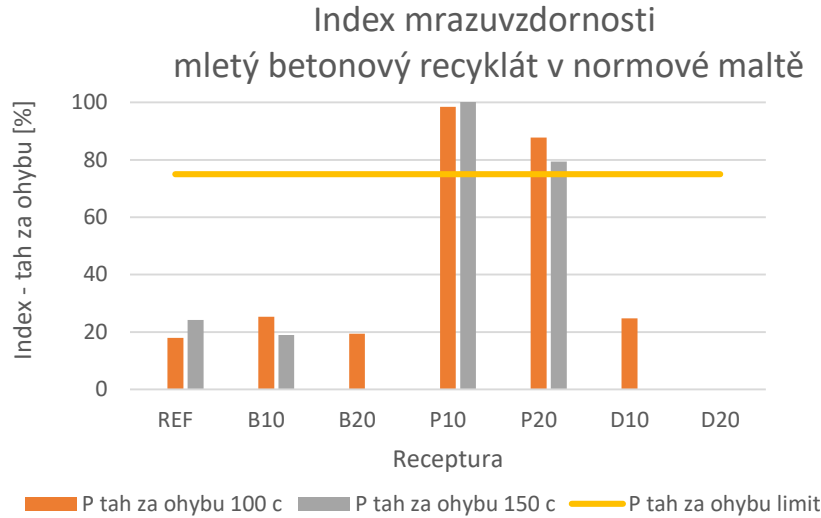
- ✓ vliv částečné náhrady cementu = **pokles pevnosti v tlaku** (*potvrzeny závěry dřívějších výzkumů*)
- ✓ s rostoucím množstvím recyklované betonové moučky došlo ke zvýšení pevností (*opačné závěry*)
- ✓ *nebyl potvrzen nárůst pevnosti v tahu za ohybu*
- ✓ *Pevnostní charakteristiky referenčních malt byly vždy vyšší*

MRAZUVZDORNOST

Stav vzorků po zmrazování

100 cyklů

150 cyklů

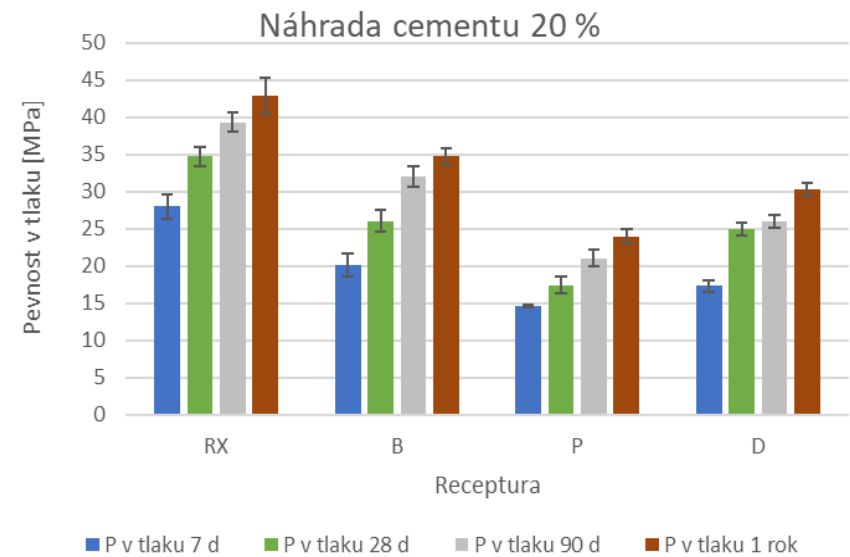
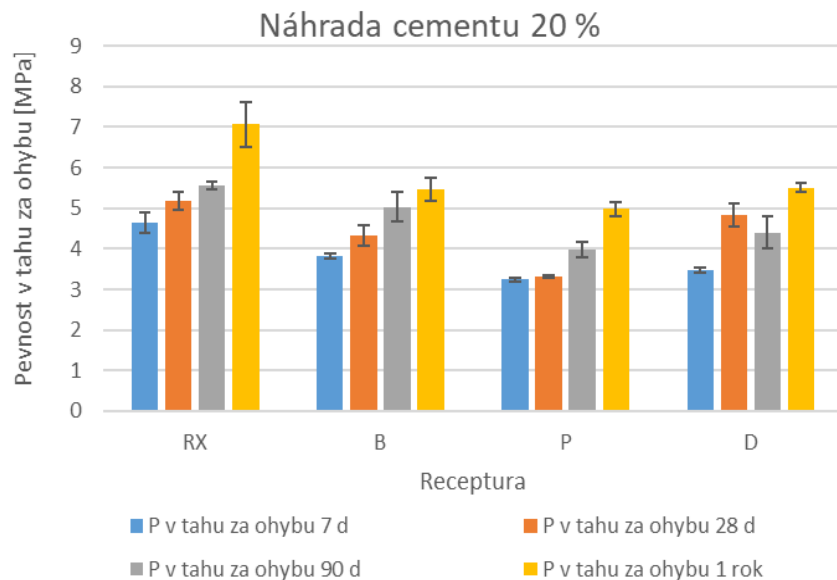


III. fáze: částečná náhrada cementu / příměs v receptuře betonu

- Návrh receptur – vycházející z receptur ověřených při výrobě prefabrikátů – **překlady (C30/37)**

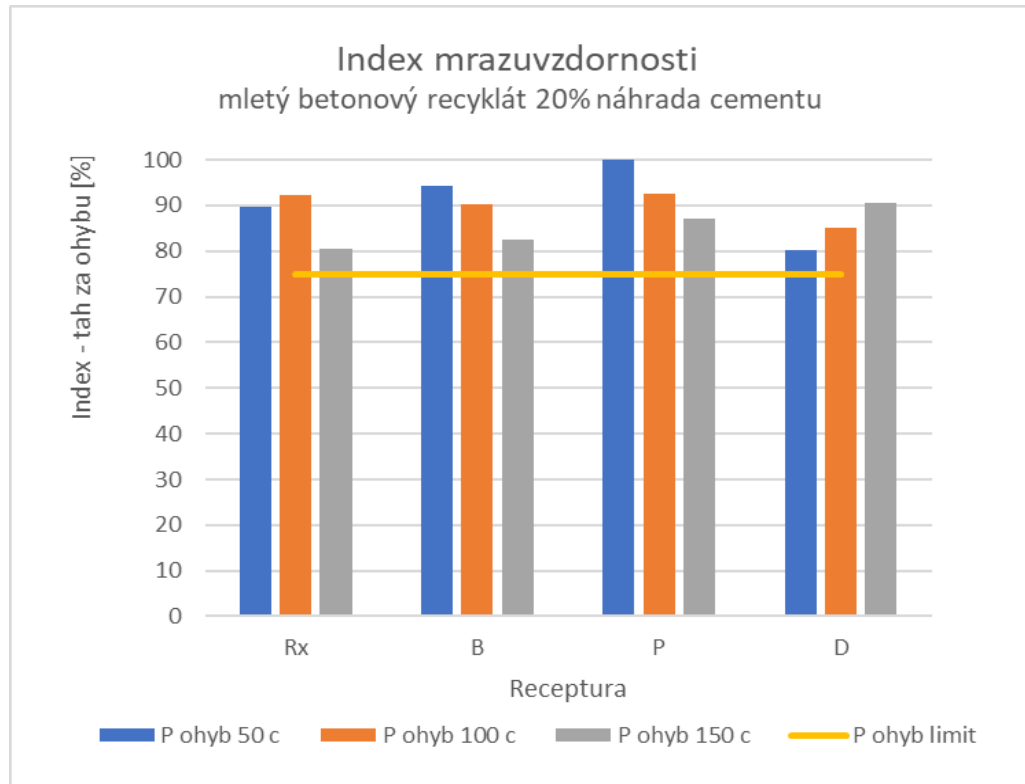


Laboratorní ověřování – 20% náhrada cementu



Dílicí závěry – pevnosti referenčních betonů v čase vždy vyšší než u betonů s mletým bet. recyklátem

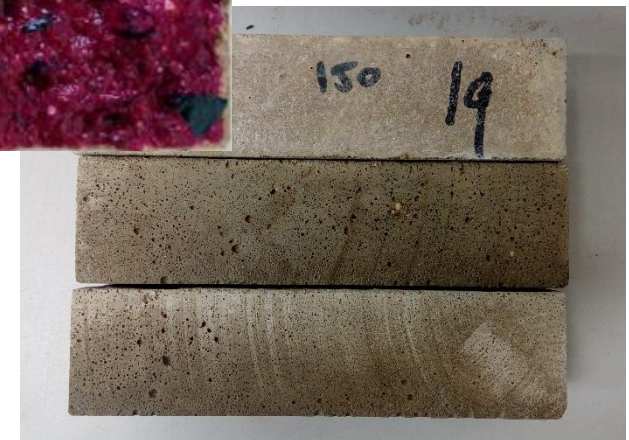
Mrázuvzdornost – 20% náhrada cementu



Rx 150 c



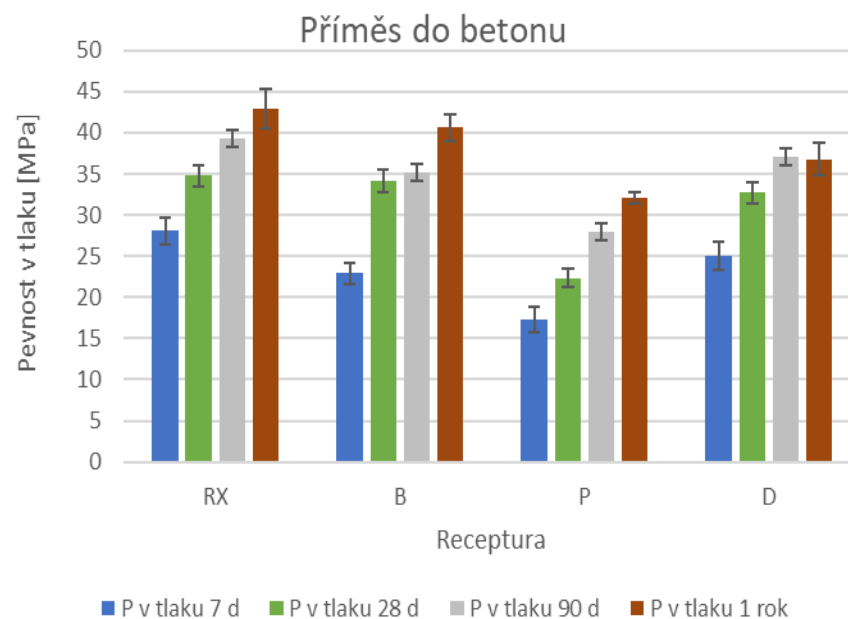
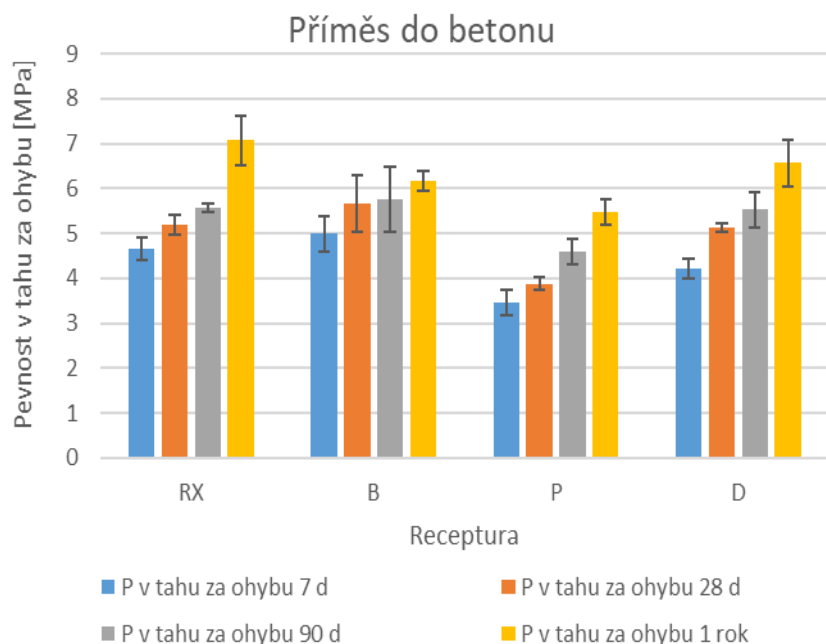
P 150 c



Dílčí závěry – mrazuvzdornost betonů s mletým bet. recyklátem je srovnatelná s referenčním betonem

Laboratorní ověřování – mikroplnivo / příměs

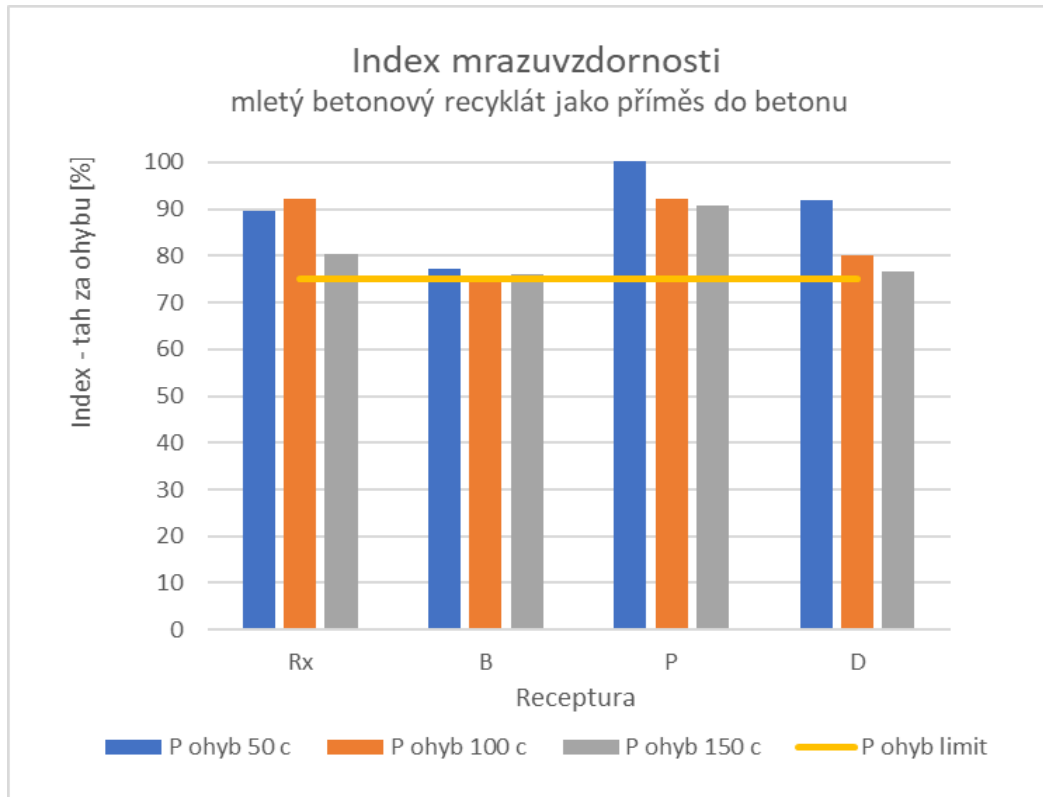
(testováno množství 20 % z hm. cementu)



Dílčí závěry :

- ✓ pevnosti referenčních betonů v čase vždy vyšší než u betonů s mletým betonovým recyklátem
- ✓ byla docílena hutnější struktura betonu (snížení pórovitosti ve srovnání s aplikací jako náhrada cementu)
- ✓ požadavkům na pevnost betonů pro výrobu překladů splňuje beton s recyklátem **B, D**

Mrazuvzdornost – příměs do betonu



Dílčí závěry:

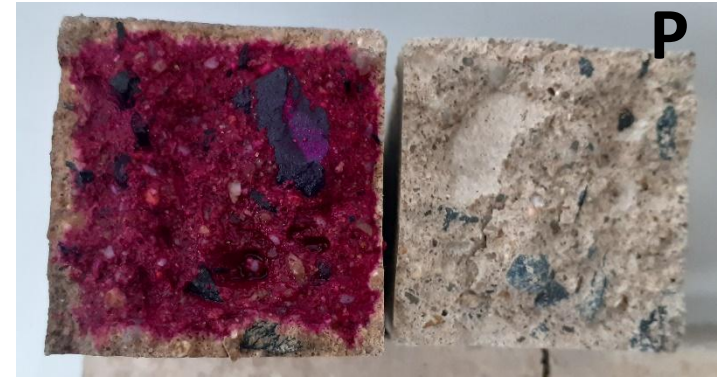
- ✓ mrazuvzdornost betonů s mletým bet. recyklátem splňují limitní požadavky – index mrazuvzdornosti nad 75 %
- ✓ nejvyšší odolnost vykazují betony s recyklátem **P**

Stav vzorků po 1 roce zrání v normových podmínkách

Náhrada cementu

Příměs do betonu

REF beton



Zkouška fenolftaleinem:

- ✓ Beton, který se nezbarví do fialova, je zkarbonatovaný (pH pod 9,6)
- ✓ Beton s recyklátem **P** vykazuje vyšší stupeň karbonatace

ZÁVĚR

- Vyšší pevnosti u 20% náhrady cementu v cem pastách, než u 10% náhrady
- **Pevnostní charakteristiky** cementových past, normových malt i betonů s obsahem mletého betonového recyklátu byly **vždy nižší než u REF hmot**
- **Požadavky na pevnost v tlaku betonů pro výrobu překladů** splnily vzorky s obsahem mletého betonu označ. **B a D** použitých jako **příměs do betonu**
- **Betony s mletým bet. recyklátem** vykazují dobrou odolnost vůči zmrazování
- **Nebyl potvrzen předpoklad pozitivního vlivu „čerstvosti“ betonového recyklátu B a P použitého při experimentu** (NE vyšší aktivita, NE vyšší pevnosti)
 - Zároveň nebyla prokázána nevhodnost mletého betonu **D** pro použití do betonu
- **Z hlediska ekonomické náročnosti mletí se využití mletého betonového recyklátu jako složky pro výrobu** námi ověřované receptury **betonu nejeví v současné době jako výhodné**

*Tento příspěvek byl vytvořen za finanční podpory MPO
v rámci řešení projektu z programu Institucionální podpora VO.*

Děkuji za pozornost

Ing. Ivana Chromková
chromkova@vush.cz