

# NÁHRADA PROVZDUŠŇOVACÍ PŘÍSDADY GUMOVÝM RECYKLÁTEM A VLIV TÉTO NÁHRADY NA PEVNOST V TLAKU A MODUL PRUŽNOSTI

Roman Chylík, \*

Katedra betonových a zděných konstrukcí, Fakulta stavební,  
České vysoké učení technické v Praze, Thákurova 7/2077, 166 29 Praha 6, Česká republika.  
roman.chylik@fsv.cvut.cz

## ABSTRAKT

Cílem této práce je zhodnotit možnost použití drceného gumového recyklátu jako náhradu používaných chemických přísad. Výzkum bude zaměřen zejména na hodnotu modulu pružnosti a tlakové pevnosti.

V průběhu řešení bude provedena série zkoušek jak na čerstvém tak na vyzrálém betonu s cílem dosažení receptury se stejným obsahem vzduchu v čerstvém betonu při použití provzdušňovací přísady a gumového recyklátu. Po úspěšném dosažení obdobné receptury bude testována tlaková pevnost a následně modul pružnosti.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Provzdušňovací přísada • Modul pružnosti • Tlaková pevnost

## ABSTRACT

The aim of this work is to evaluate the possibility of the substitute of crushed rubber recycled material as a replacement for chemical additives. The research will focus mainly on the value of the modulus of elasticity and compressive strength.

During the solution, a series of tests will be carried out on fresh and hardened concrete in order to obtain a recipe with the same air content in fresh concrete using aerating additives and recycled rubber. Upon successful completion of a similar concrete mixture, the compressive strength and consequently the modulus of elasticity will be tested.

## KEYWORDS

Aeration additive • Modulus of elasticity • Compressive strength

## 1. ÚVOD

Recyklace a využívání druhotných surovin je trend, kterému je věnováno stále více prostoru. Hledání nových a alternativních využití recyklovaných materiálů může přinést nejen snížení skládkovaného odpadu, ale i zlepšit vlastnosti nově produkovaných výrobků nebo materiálů.

Tento příspěvek se zabývá možností celkové náhrady chemické provzdušňovací přísady za gumový recyklát z použitých pneumatik. Bude provedena série zkoušek zaměřena na pevnost v tlaku a modul pružnosti, protože se jedná o důležité materiálové charakteristiky při návrhu betonové konstrukce.

## 2. METODA ŘEŠENÍ

### 2.1. Stručná metodika řešení

V první fázi byla na receptuře obsahující jemný a hrubý gumový recyklát změřena zpracovatelnost betonové směsi a obsah vzduchu v čerstvém betonu. S ohledem na získané výsledky byl zvolen beton s obsahem jemného gumového recyklátu jako výchozí pro ověřování vlivu náhrady provzdušňovací přísady.

Další krok řešení spočíval ve stanovení optimálního množství provzdušňovací přísady pro získání betonu se shodným obsahem vzduchu v čerstvém betonu jako vykazoval beton s jemným gumovým recyklátem. Následně probíhaly zkoušky pevnosti v tlaku a modulu pružnosti na vyzrálém betonu.

Pro srovnání byly receptury porovnány s recepturou referenční, která neobsahovala gumový recyklát ani provzdušňovací přísadu.

### 2.2. Receptury výchozí

Použité receptury navazovaly na předchozí výzkum autora o vlivech gumového recyklátu na mechanické vlastnosti betonu. V tabulce číslo 1 je zobrazena referenční receptura, v tabulce číslo 2 receptura obsahující jemný a hrubý gumový recyklát.

Tabulka 1: Složení referenční směsi (REF).

Složka	Obsah [kg/m <sup>3</sup> ]
cement	410
voda	200
v/c	0,49
kamenivo	1800

\* Školitel: doc. Ing. Jitka Vašková, CSc.

gumový recyklát	0
plastifikátor	0,8
provzdušňovací přísada	0

Tabulka 2: Složení směsi s gumovým recyklátem (FCRC, CCRC).

Složka	Obsah [kg/m <sup>3</sup> ]
cement	410
voda	200
v/c	0,49
kamenivo	1800
gumový recyklát	40
plastifikátor	0,8
provzdušňovací přísada	0

### 2.3. Značení jednotlivých receptur

FCRC – beton s příměsí jemného (0-1mm) gumového recyklátu

CCRC – beton s příměsí hrubého (1-3mm) gumového recyklátu

AA – beton s provzdušňovací přísadou

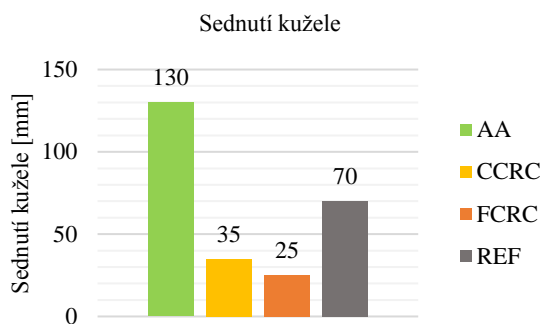
REF – beton referenční

### 2.4. Zkouška sednutím kužele

Zkouška zpracovatelnosti sednutím kužele byla zpracována v souladu s normou ČSN EN 12350-2 (731301) Zkoušení čerstvého betonu - Část 2: Zkouška sednutím.



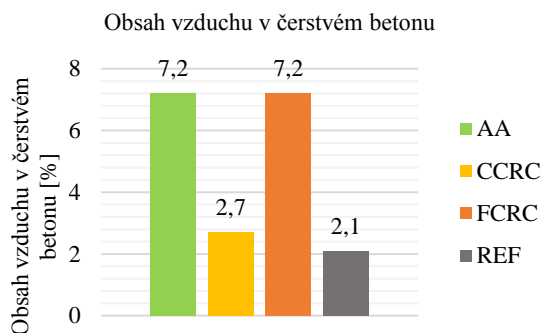
Obrázek 1: Zkouška zpracovatelnosti sednutím kužele.



Obrázek 2: Výsledky zkoušky zpracovatelnosti.

### 2.5. Zkouška obsahu vzduchu v čerstvém betonu

Důležitějším parametrem než zkouška zpracovatelnosti bylo stanovení množství vzduchu v čerstvém betonu. Zkouška byla provedena dle normy ČSN EN 12350-7 (731301) Zkoušení čerstvého betonu - Část 7: Obsah vzduchu - Tlakové metody. Po provedení zkoušek na směsi obsahující jemný a hrubý gumový recyklát bylo stanoveno optimální množství provzdušňovací přísady pro dosažení stejného množství vzduchu v čerstvém betonu, jako u směsi obsahující jemný gumový recyklát.



Obrázek 3: Výsledky zkoušky obsahu vzduchu v čerstvém betonu.

### 2.6. Finální receptura

S ohledem na výše uvedené zkoušky bylo stanoveno optimální množství provzdušňovací přísady. Receptura s provzdušňovací přísadou je uvedena v tabulce 3.

Tabulka 3: Složení směsi s provzdušňovací přísadou (AA).

Složka	Obsah [kg/m <sup>3</sup> ]
cement	410
voda	200
v/c	0,49
kamenivo	1800
gumový recyklát	0
plastifikátor	0,8
provzdušňovací přísada	2,9

### 3. VÝSLEDKY

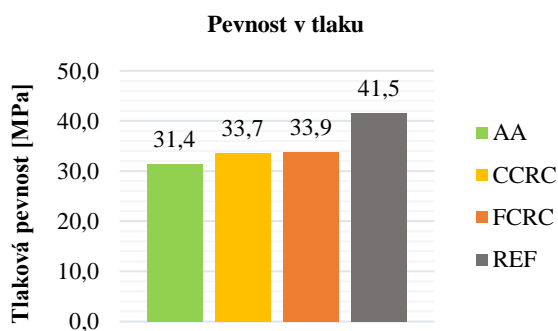
#### 3.1. Pevnost v tlaku

Znalost pevnosti v tlaku je nezbytná pro správné určení modulu pružnosti. Pevnost v tlaku byla měřena dle normy ČSN EN 12390-3 Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles [5]. Zkoušky byly provedeny na válcových tělesech o průměru 150 mm a výšce 300 mm. Horní i spodní podstava válce byla zakončována pomocí brusky pro dodržení maximální rovinnosti a vodorovnosti styčných ploch tělesa se zkušebním zařízením. Stáří vzorku v době zkoušení bylo 28 dní.

Tabulka 4: Pevnost v tlaku.

Název vzorku	Objemová hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]	Pevnost v tlaku [MPa]	Směrodatná odchylka pevnosti
AA 1	2208	31,3	
AA 2	2241	31,9	0,37
AA 3	2226	31,0	
CCRC 1	2210	33,2	
CCRC 2	2267	33,7	0,36
CCRC 3	2245	34,1	
FCRC 1	2270	34,3	
FCRC 2	2262	33,7	0,31
FCRC 3	2258	33,6	
REF 1	2295	40,7	
REF 2	2330	42,1	0,59
REF 3	2273	41,7	

Tabulka 4 ukazuje pevnosti v tlaku jednotlivých těles, obrázek 4 poté porovnává průměrné hodnoty.



Obrázek 4: Průměrné hodnoty pevnosti v tlaku. AS



Obrázek 5 : Normové porušení vzorku při tlakové zkoušce

#### 3.2. Modul pružnosti

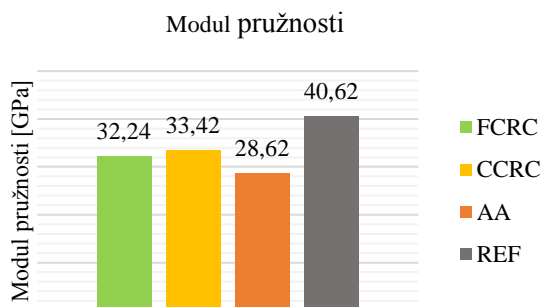
Po zjištění tlakových pevností bylo provedeno měření modulu pružnosti dle normy ČSN ISO 1920-10 (731319) Zkoušení betonu – Část 10: Stanovení statického modulu pružnosti v tlaku.

Tabulka 5: Modul pružnosti

Název vzorku	Modul pružnosti [GPa]	Směrodatná odchylka modulu pružnosti
AA 1	28,5	
AA 2	30,1	1,16
AA 3	27,3	
CCRC 1	30,4	
CCRC 2	32,8	2,74
CCRC 3	37,0	
FCRC 1	30,2	
FCRC 2	36,9	3,27
FCRC 3	29,7	
REF 1	36,2	
REF 2	36,0	6,44
REF 3	49,7	

## 5. ZÁVĚR

Výsledky dosažené provedením zkoušek konzistence, obsahu vzduchu v čerstvém betonu, pevnosti v tlaku a modulu pružnosti v kombinaci s dřívějším výzkumem autora ukazují, že jemně mletý gumový recyklát lze použít jako adekvátní náhradu provzdušňovací přísady bez negativního vlivu na pevnost v tlaku a modul pružnosti. Tuto substituci provzdušňovací přísady za gumový recyklát lze použít například u konstrukcí vyžadující zvýšenou odolnost proti chemickým rozmrazovacím.



Obrázek 5 : Průměrné hodnoty pevnosti v tlaku.

## 4. DISKUZE

V dnešní době již existuje poměrně značné množství různých studií zabývajících se přidáváním recyklované gumy v různých formách do betonové směsi.

Například Zheng a kolektiv zkoumali vliv náhrady hrubého kameniva drcenou pryží. V jejich studii mimo jiné potvrdili nepřímou úměru mezi množstvím přidané gumy a pevností v tlaku a hodnotou modulu pružnosti.

Gerges a kolektiv sledovali mechanické a dynamické vlastnosti betonu s přidáním variabilního množství drcené gumy. Potvrdili předpoklad negativního vlivu gumového recyklátu na pevnost, ale zároveň příznivý vliv gumového recyklátu na odolnost materiálu proti dynamickému zatěžování.

Zjištěné výsledky výše uvedených i ostatních studií jsou v obecné shodě s dosavadním zkoumáním autora. Tento příspěvek měl za cíl přispět k porozumění, zdali je negativní vliv přidání gumového recyklátu na pevnost a modul pružnosti způsoben primárně gumovým recyklátem a jeho malou pevností, nebo je důsledkem zvýšeného obsahu vzduchu v čerstvém betonu.

V případě betonu obsahující hrubě drcený gumový recyklát (CCRC) je snížení pevnosti a modulu pružnosti připisováno výhradně gumovému recyklátu, neboť rozdíl obsahu vzduchu v čerstvém betonu oproti referenční receptuře činil 0,6% a na hrubý gumový recyklát lze nahlížet jako na částečnou náhradu kameniva.

Beton obsahující jemně mletý gumový recyklát vykazoval srovnatelné hodnoty pevnosti i modulu pružnosti jako beton s hrubým gumovým recyklátem, avšak obsah vzduchu byl oproti receptuře CCRC i REF výrazně vyšší. Snížení pevnosti a modulu pružnosti lze připisovat zvýšenému obsahu vzduchu v čerstvém betonu, jelikož gumový prach je nositel těchto pórů.

Provedené zkoušky na receptuře AA, která obsahovala stejné množství vzduchu v čerstvém betonu jako receptura FCRC potvrdily relativní shodu u tlakové pevnosti. Modul pružnosti vykazoval v porovnání s recepturou FCRC a CCRC lehce nižší hodnoty.

## PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek vznikl za finanční podpory projektu SGS18/115/OHK1/2T/11 a SGS19/149/OHK1/3T/11.

## Reference

- Zheng, L., Huo, X.S. & Yuan, Y. (2008), Strength, Modulus of Elasticity, and Brittleness Index of Rubberized Concrete, in 'Journal of Materials in Civil Engineering', Vol. 20, pp. 692-699.
- Gerges, N.N., Issa, C.A. & Fawaz, S.A. (2018), Rubber concrete: Mechanical and dynamical properties (Case Study), in 'Construction Materials', Vol. 9, pp. 00184.
- Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. (2009), ČSN EN 12350-2 (731301) Zkoušení čerstvého betonu - Část 2: Zkouška sednutím, Praha.
- Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. (2009), ČSN EN 12350-7 (731301) Zkoušení čerstvého betonu - Část 7: Obsah vzduchu - Tlakové metody, Praha.
- Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. (2009), ČSN EN 12390-3 Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles, Praha.
- Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. (2016), ČSN ISO 1920-10 (731319) Zkoušení betonu - Část 10: Stanovení statického modulu pružnosti v tlaku, Praha.