

# **Efektivní využití stavebně demoličního odpadu frakce 0/4 mm ve stavebnictví**

**Zdeněk Prošek, Pavel Tesárek**

*České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Thákurova 7, 166 29 Praha 6, ČR*

*e-mail: zdenek.prosek@fsv.cvut.cz*

**Jiří Podolský**

*MORAVOSTAV Brno, a.s. stavební společnost, Maříkova 1, 621 00 Brno, ČR*

**Jan Foltýn**

*Tomáš STRAUB s.r.o., Ostravská 1847, 748 01 Hlučín, ČR*

## **Souhrn**

*V příspěvku řešena problematika frakce 0/4 mm, která ve většině případů není zpracována, je považována za odpad, nebo vzniká jako odpad při úpravě kameniva ze stavebního a demoličního odpadu. Jak prokazuje provedený výzkum, tak např. u recyklátu z betonu se jedná o velmi kvalitní druhotnou surovinu, kterou je možné dále efektivně upravovat a opětovně využít ve stavebnictví. V našem případě byl upravený betonový recyklát použit jako náhrada jemného kameniva (písku) frakce 0/4 mm do betonové směsi. Příspěvek vznikl za podpory projektu TA ČR Prostředí pro život 3 č. SS03010302 Vývoj efektivních nástrojů pro minimalizaci vzniku stavebního a demoličního odpadu, jeho monitoring a opětovné využití.*

**Klíčová slova:** *Fine aggregate, Recycling, Concrete, Compressive strength*

## **Úvod**

V dnešní době se stále více zvyšuje povědomí veřejnosti o významu recyklace a o recyklovaných materiálech, které nacházejí uplatnění v různých oblastech našeho života. Jednou z oblastí, kde mohou recyklované materiály hrát klíčovou roli, je stavitelství. Stavitelství je značným spotřebitelem surovin, a mnoho z těchto surovin lze získat recyklací stavebního demoličního odpadu. Výsledkem této recyklace často bývá recyklované kamenivo, které má potenciál nahradit přírodní kamenivo ve stavebním průmyslu, kde se často využívá například při výrobě betonových konstrukcí. Recyklované kamenivo lze rozdělit na dvě kategorie – drobnou frakci a hrubou frakci. Tento článek se zaměřuje na drobnou frakci, neboť hrubá frakce je již dobře zdokumentovaná a jsou pro ni taktéž normové podklady.

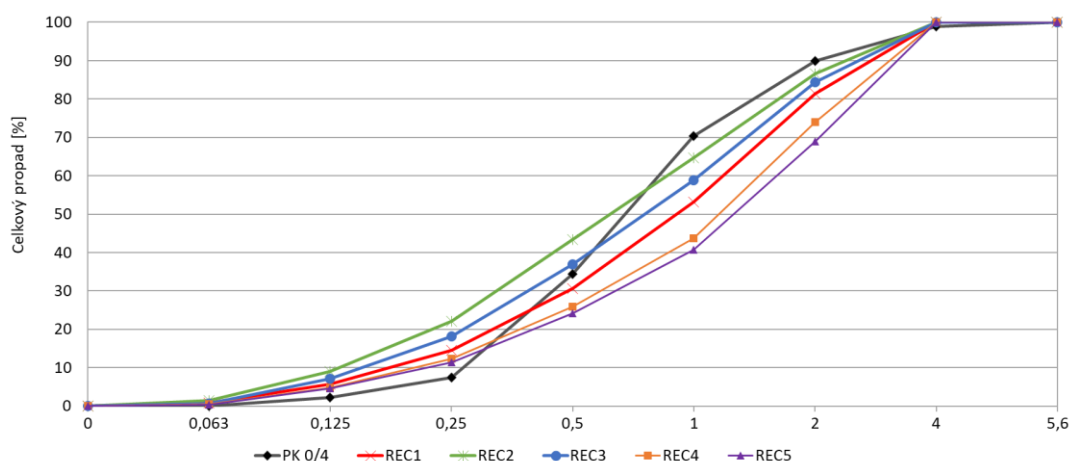
Klíčovým krokem při nahrazování přírodního kameniva recyklovaným je definice vlastností samotného recyklátu. Tyto vlastnosti zahrnují granulometrické složení, obsah odplavitelných částic, objemovou hmotnost a nasákavost. Je důležité, aby byly tyto vlastnosti recyklátů pečlivě zhodnoceny, protože recyklovaný materiál bude součástí výrobního procesu betonu. K tomuto účelu se často využívají ČSN normy, které stanoví zkušební postupy pro přírodní kamenivo používané v betonu. Nicméně, je třeba poznamenat, že v současné době je prováděno jen málo výzkumů zaměřených na testování vlastností drobného recyklovaného kameniva.

Pro porovnání výsledků drobného recyklovaného betonového kameniva byla v této studii využita vědecká práce od Cheng-Chih Fana [1], která zkoumala druhy drceného betonového odpadu získaného dvěma různými metodami. Pro směsný recyklát byly použity informace z práce od How-Ji Chena [2], a pro cihelný recyklát byly využity údaje z článku od Debieba [3]. Po zjištění vlastností těchto různých recyklovaných kameniv byla provedena analýza vlastností betonu. Vědecké studie [4; 5] se soustředily na vliv betonového recyklátu na vlastnosti betonu, konkrétně se zkoumala pórovitost, nasákavost a pevnost v tlaku. Další studie prováděné Jaganem Sivanim [6] se zaměřila na vliv betonového

recyklátu na vlastnosti betonu a jejich výsledky ukázaly na postupné zhoršování vlastností s rostoucím podílem recyklovaných materiálů.

## Materiály a vzorky

Recyklovaná kameniva byla dodána společností Moravostav a.s. a Tomáš STRAUB s.r.o., která využívala pro drcení stavebně demoličního odpadu čelistové drtiče RESTA. REC1 pocházel z velmi kvalitně separované betonové suti, REC2 byl tvořen směsí betonového, cihelného odpadu v kombinaci se zeminou, REC3 se skládal z čisté cihelné suti, REC 5 byl betonový recyklát vzniklý z prefabrikátů lodžii od firmy Tomáš STRAUB a REC 6 byl betonový recyklát z dálnice D5 z deponie v Boru u Tachova. Křivky zrnitosti jednotlivých recyklátů i s porovnáním s referenčním pískem je vidět na Obr. 1. Pro účely vlivu recyklovaného drobného kameniva na výsledný beton bylo nahrazeno přírodní drobné kamenivo v náhradách 33, 66 a 100 hmotnostních procent, současně byl vyroben referenční beton REF. Pro každou zkušební sadu byly vyrobeny 3 zkušební tělesa. Jako zkušební tělesa byly použity betonové krychle o hraně 150 mm. Samotný beton obsahoval portlandský cement s označením CEM I 42,5 R, který pocházel ze závodu Mokrý. Dále bylo použito přírodní drobné kamenivo vymezené frakcí 0/4 mm ze štěrkovny Dobříň, která spadá pod správu společnosti Cemex. Hrubé kamenivo pochází z kamenolomu Zbraslav s použitými frakcemi 4/8 mm a 8/16 mm. Složení referenčního betonu bylo následující: 300 kg/m<sup>3</sup> cement CEM I 42,5R, 700 kg/m<sup>3</sup> kamenivo frakce 0/4 mm, 538 kg/m<sup>3</sup> kamenivo frakce 4/8 mm, 601 kg/m<sup>3</sup> kamenivo frakce 8/16 mm a 165 kg/m<sup>3</sup> voda.



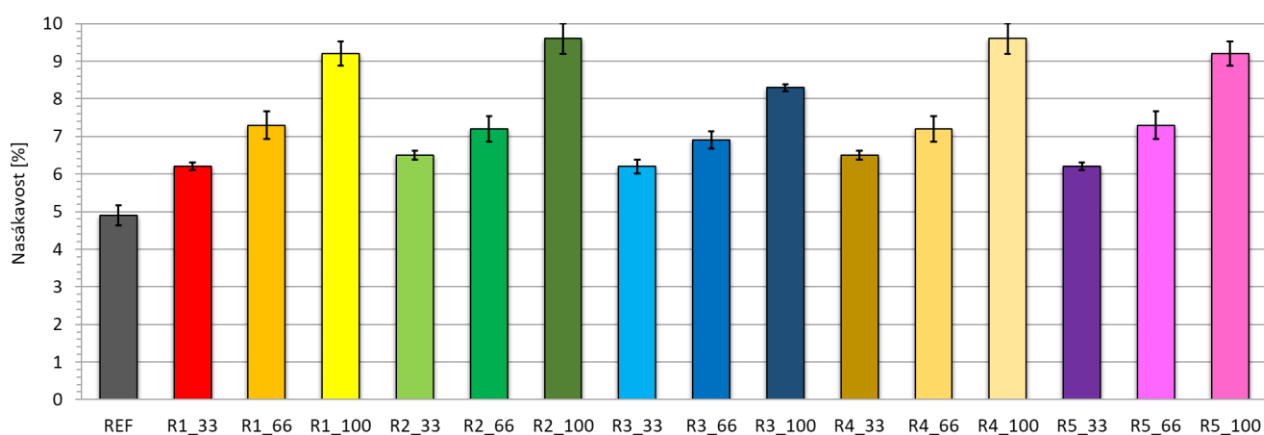
**Obr.1: Křivka zrnitosti testovaných materiálů**

## Výsledky

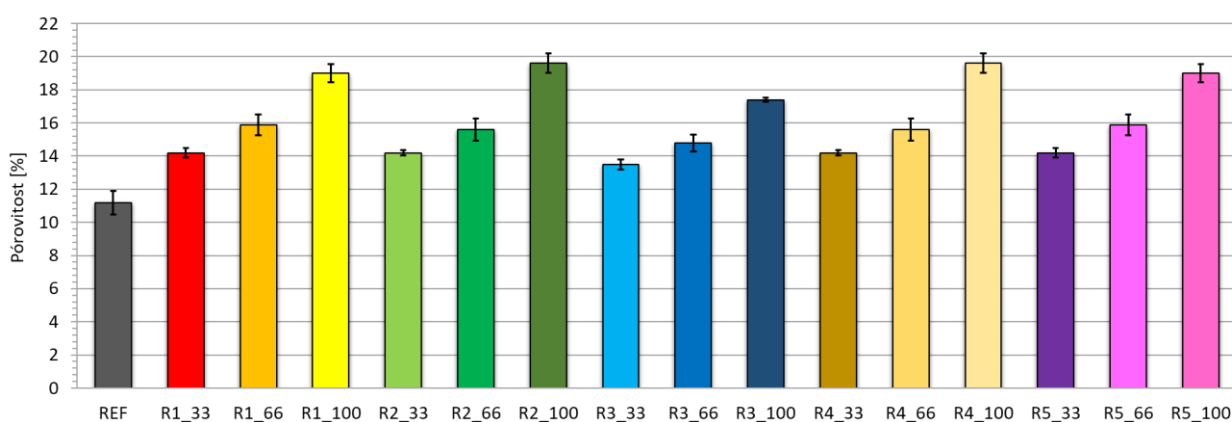
V případě těchto navržených betonů bylo nezbytné určit jejich nasákavost, neboť množství vody, které beton dokáže nasáknout do svých otevřených pórů, má přímý vliv na prostředí, ve kterém bude beton použit, a také na jeho životnost. Na Obr. 2 bylo zaznamenáno, že nejnižší nasákavost byla dosažena u betonu s 33% recyklovanou náhradou, konkrétně u REC 1. Tato nízká nasákavost je pravděpodobně spojena s vysokou objemovou hmotností použitého recyklovaného kameniva a zároveň s nejnižší pórovitostí (viz Obr. 3).

Pro betonový recyklát platí, že nasákavost betonu roste s rostoucím podílem recyklované náhrady. Při 100% nahrazení je nasákavost betonu zhruba o 50 % vyšší než u referenčních betonů, což potvrzuje zjištění článku od L. Evangelista [4].

Nejhorší výsledky pro nasákavost dosáhly vzorky s REC 2. Tyto vzorky vykazují maximální nasákavost ve srovnání s ostatními vzorky, což může být způsobeno vlastnostmi použitého recyklovaného materiálu, konkrétně vysokým obsahem jemných částic. Extrémní nárůst nasákavosti byl pozorován při 100% nahrazení.

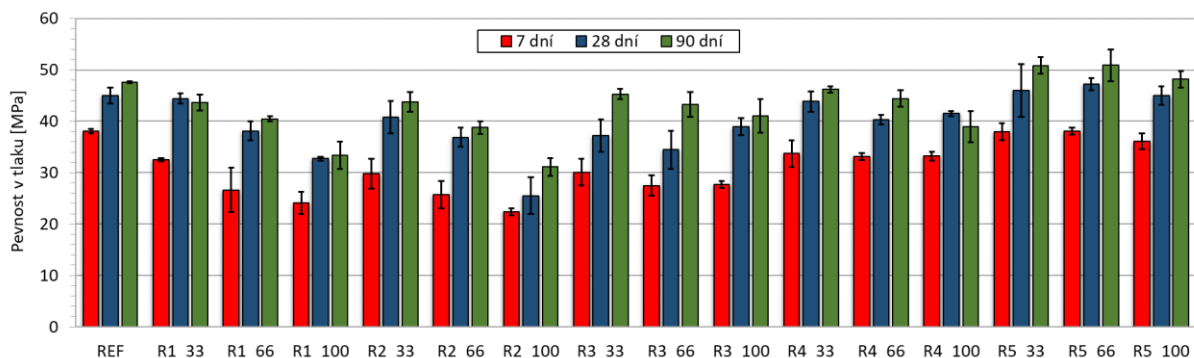


**Obr. 2 : Nasákavost testovaných betonových těles**



**Obr. 3: Pórovitost testovaných betonových těles**

Pro betonové zkušební vzorky byla jako závěrečná destruktivní metoda provedena zkouška v jednoosém tlaku v časových intervalech 7, 28 a 90 dní. U betonu s recyklovaným materiálem REC1 lze pozorovat lineárně klesající trend, který je patrný pro všechny tři testovací časy. Po 28 dnech lze tedy považovat nahrazení 33 % za vhodné pro budoucí využití betonového recyklovaného materiálu. Podobné výsledky byly dosaženy také v případě studie Jagan Sivamani [6], kde bylo použito nahrazení 25 %. Beton s recyklovaným materiálem REC2 vykazuje klesající pevnost s rostoucím podílem náhrady, s poklesem až na úrovni vyšších jednotek procent. Objemová hmotnost tohoto betonu je však podobná jako u REC1. Beton s cihelným recyklovaným materiálem REC3 má nejnižší pevnost, která klesá s rostoucím podílem náhrady. Nižší hodnoty pevnosti jsou také způsobeny nízkou objemovou hmotností těchto betonů. Toto zjištění je podobné výsledkům studie od Khatiba [7].



**Obr. 4: Pevnost v tlaku testovaných betonových těles**

## Závěr

Předložený příspěvek zkoumal základní vlastnosti recyklovaných drobných kameniv vytvořených z upraveného stavebně-demoličního odpadu a jejich vliv na vlastnosti betonu. Byly vyrobeny zkušební tělesa s nahrazením přírodního drobného kameniva recyklovaným materiálem v poměrech 33%, 66% a 100%.

Výsledky ukazují, že vyšší podíl recyklovaného drobného kameniva vede ke snížení objemové hmotnosti betonu, což je spojeno s vyšší nasákavostí a nižší pevností betonu v tlaku. Nejbližší vlastnostem referenčního betonu se blíží beton s 33% nahrazením cihelným recyklovaným drobným kamenivem. Obecně platí, že nižší náhrady nemají výrazný vliv na mechanické vlastnosti, ale nahrazení 66% a 100% již výrazně ovlivňuje materiálové vlastnosti betonu, který se vzdaluje od referenčního betonu.

## Poděkování

Příspěvek byl podpořený projektem TA ČR Prostředí pro život 3 č. SS03010302 “Vývoj efektivních nástrojů pro minimalizaci vzniku stavebního a demoličního odpadu, jeho monitoring a opětovné využití” a projektu HORIZON 2020+ č. 101058580 “Automated solutions for sustainable and circular construction and demolition waste management”.

## Literatura

- [1] FAN, Cheng-Chih, Ran HUANG, Howard HWANG a Sao-Jeng CHAO. Properties of concrete incorporating fine recycled aggregates from crushed concrete wastes. *Construction and Building Materials*. 2016, **112**, 708-715 ISSN 09500618.
- [2] CHEN, How-Ji, Tsong YEN a Kuan-Hung CHEN. Use of building rubbles as recycled aggregates. *Cement and Concrete Research*. 2003, **33**(1), 125-132. ISSN 00088846.
- [3] DEBIEB, Farid a Said KENAI. The use of coarse and fine crushed bricks as aggregate in concrete. *Construction and Building Materials*. 2008, **22**(5), 886-893 [cit. 2022-03-29]. ISSN 09500618.
- [4] EVANGELISTA, L. a J. DE BRITO. Durability performance of concrete made with fine recycled concrete aggregates. *Cement and Concrete Composites*. 2010, **32**(1), 9-14. ISSN 09589465.
- [5] EVANGELISTA, L. a J. DE BRITO. Mechanical behaviour of concrete made with fine recycled concrete aggregates. *Cement and Concrete Composites*. 2007, **29**(5), 397-401. ISSN 09589465.
- [6] SIVAMANI, Jagan a Neelakantan Thurvas RENGANATHAN. Effect of fine recycled aggregate on the strength and durability properties of concrete modified through two-stage mixing approach. *Environmental Science and Pollution Research*. ISSN 0944-1344.
- [7] KHATIB, J.M. Properties of concrete incorporating fine recycled aggregate. *Cement and Concrete Research*. 2005, **35**(4), 763-769. ISSN 00088846.