

**ANALÝZA VLIVU ODPADU Z KAMENNÉ VLNY  
S OHLEDEM NA MOŽNOST MODIFIKACE  
SLOŽENÍ CEMENTOTŘÍSKOVÝCH DESEK**

**ANALYSIS OF THE IMPACT OF WASTE  
FROM ROCK WOOL WITH REGARD  
TO THE POSSIBILITY OF MODIFYING THE  
COMPOSITION OF CEMENT-BONDED BOARDS**

**Miroslav Vacula, Martin Klvač,  
Robert Mildner, Tomáš Melichar**

CIDEM Hranice, a.s.,  
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební,  
Ústav technologie stavebních hmot a dílců

***Anotace:***

*Příspěvek pojednává o možnosti využití odpadu z výroby kamenné vlny pro modifikaci stávajícího složení cementotřískových desek. Jako alternativa ke standardně používanému dřevěnému plnivu (třísky, piliny) byl použit odpad - vlákna z výroby kamenné vlny. Laboratorně byl odpad otestován a následně přidán do směsi pro výrobu cementotřískových desek jako náhrada dřevěného plniva. Byly sledovány fyzikálně-mechanické parametry laboratorně vyrobených desek s upravenou recepturou.*

***Annotation:***

*The contribution deals with possibilities of using waste from the production of stone wool for modification of the existing composition of cement boards . As an alternative to the standard used wooden filler (chips, sawdust) was used waste - the fibers from the production of stone wool . The waste was tested in laboratory and then added to the*

*mixture for the production of cement-bonded boards as a substitute for wood filler. The physico - mechanical properties of laboratory- made boards with a modified recipe were monitored.*

***Klíčová slova:*** *cementotřísková deska, vlákna, kamenná vlna, dřevěné třísky*

***Keywords:*** *cement-bonded particle board, fibre, stone wool, wooden particles*

## 1. Úvod

Cementotřískové desky patří do skupiny kompozitních materiálů se silikátovou maticí a jako zpevňující komponent se užívají dřevěné třísky. Desky jsou vhodné pro použití do exteriéru i interiéru, a to jako fasádní a podlahové systémy, podhledy, protipožární systémy, mohou také zastávat funkci ztraceného bednění a v neposlední řadě je lze využít i při opláštění stěn a podhledů. Toto široké využití je umožněno vhodnou kombinací vlastností cementu a dřeva. Vyráběné desky tak vynikají svou pevností, pružností, lze je snadno opracovávat a vyznačují se nízkou hmotností. Nevýhodou zůstává vyšší cena.

Základními surovinami jsou cement jako pojivo, třísky smrkového, či jedlového dřeva jako plnivo a přísady. Nejen z ekonomických důvodů se nabízí možnost prozkoumat náhrady dřevní hmoty vláknitým materiálem ať už organického či anorganického původu a zjistit vliv na konečné materiálové vlastnosti – pevnost v tahu za ohybu, modul pružnosti, objemovou hmotnost.

## 2. Vznik a charakteristika odpadu

Při výrobě izolačních desek vznikají velkoobjemové technologické odpady v technologii tavení a zpracování minerálních vláken v kupolové peci, z provozu před vytvrzením a z provozu po vytvrzení.

Odpad vzniká v provozu kupolové pece při následujících činnostech:

- při poruše na lince s následným krátkodobým zastavením provozu linky – vypouštění lávy do prostoru pod pecemi,
- při vypuštění obsahu vsázky kupolové pece – ukončení provozu kupolové pece při odstávce,

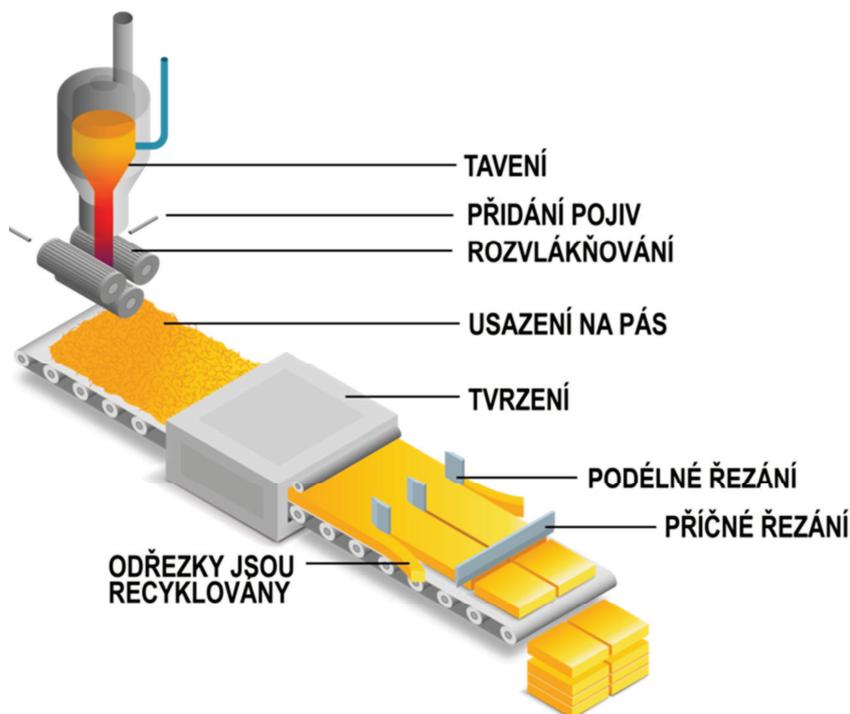
- •odpichy železa – tavením vsázky v kupolové peci se z oxidů železa, které jsou v různých koncentracích obsaženy ve výstupních surovinách, redukuje železo, které se hromadí na dně kupolové pece a je nutno jej pravidelně ze dna vypustit.

Při fázi rozvláknování před vytvrzením vznikají průběžně odpady:

- vznik granálií – nerozvlákněné částice lávy,
- shluky vláken, nasycených pojivem (především vodný roztok fenolformaldehydové pryskyřice), které nebyly přisáty na unášecí pás v usazovací komoře,
- shluky vláken oddělené při čištění unášecího pásu.

Z provozu po vytvrzení vznikají průběžně odpady:

- nekvalitní finální výrobek,
- boční ořezy – vznikají v řezací stanici, které řezou desky na požadovanou šířku a kde se kotoučovými pilami provádí řez okrajů.



Obrázek 1.: Schéma výroby izolačních desek z kamenné vlny

Samotný odpad vznikající při výrobě izolačních desek z kamenné vlny je nutné upravit. Způsoby vhodné úpravy pro jeho použití jako alternativní náhrady plniva v cementotřískových deskách jsou podrobně popsány v článku [1].

### 3. Analýzy parametrů vstupní suroviny

Další etapa výzkumu byla věnována analýze testovaného odpadu. Jmenovitě se jednalo o stanovení sypné hmotnosti a nasákavosti vláken. Vzhledem k povaze materiálů byly zvoleny tři různé experimentální metody. Jedná se o stanovení nasákavosti pomocí jemného sítko, ve filtračním papíru a v kádince. Pracovní postup je vždy shodný – je zvážena hmotnost suchého vzorku, následně je vzorek ponechán ve vodě po dobu 2 hodin a poté zvážen v nasáklém stavu. Samotná vlákna vlny jsou nenasákavá, ovšem vlna jako celek obsahuje mezery mezi jednotlivými hustě uspořádanými vlákny, kde dochází k retenci vody.

*Tabulka 1 : Stanovení sypné hmotnosti a nasákavosti vláken z kamenné vlny*

Sypná hmotnost (kg/m <sup>3</sup> )	67,42
Nasákavost – sítko (% hmotnostně)	459
Nasákavost – filtry (% hmotnostně)	554
Nasákavost – kádinka (% hmotnostně)	589

Z hlediska posouzení vlivu výluhu z analyzované kamenné vlny byly vyrobeny normové trámečky pro stanovení pevnosti cementových malt. U poloviny zkušebních těles byla použita voda obsahující výluh z vláken kamenné vlny. Pro porovnání byl vyroben i vzorek referenční – s vodou.

*Tabulka 2 : Parametry normových trámečků s vodou a výluhem z kamenné vlny*

Druh výluhu	Hmotnost (kg/m <sup>3</sup> )	Pevnost v tahu za ohybu (N/mm <sup>2</sup> )	Pevnost v tlaku (N/mm <sup>2</sup> )
Referenční-voda	2210	8,06	50,0
Výluh z vláken z kamenné vlny	2200	7,55	49,4

Ze zjištěných hodnot je možné konstatovat, že došlo ke snížení pevností, které nebylo příliš výrazné, a patrnější pokles byl zaznamenán v případě pevnosti v tahu za ohybu. Přece jen ten rozdíl u pevností v tlaku není moc velký a teoreticky mohl být způsoben např. i rozdílným zhutněním, či jinými nepřesnostmi při měření.

## 4. Návrh receptur

Stávající složení směsi pro výrobu cementotřískových desek vychází z použití těchto základních surovin:

- portlandský cement CEM 42,5R (objemově cca 25%)
- dřevěné třísky, piliny - převážně smrkové dřevo (objemově cca 63%)
- voda (objemově cca 10%)
- chemické přísady - vodní sklo, síran hlinitý (objemově cca 2%)

Plnivem ve směsi jsou dřevěné třísky, které se také výrazně podílejí na zajištění pevnostních charakteristik (především pevnost v tahu za ohybu, modul pružnosti). Částečná náhrada dřevěných třísek vlákny kamenné vlny může snížit pevnost v tahu za ohybu desek, proto se přistoupilo k následujícím návrhům receptur:

a) v laboratorních podmínkách (laboratoře Vysokého učení technického, Ústav technologie stavebních hmot a dílců) byly vyrobeny laboratorně vzorky desek s podílem kamenné vlny v rozsahu:

- 25% náhrada dřevěných třísek
- 50% náhrada dřevěných třísek
- 75% náhrada dřevěných třísek
- 100% náhrada dřevěných třísek

b) na výrobní lince pro cementotřískové desky ve firmě CIDEM Hranice, a.s. byly vyrobeny cementotřískové desky s upravenou recepturou. Na základě laboratorních výsledků bylo ve složení desky 10% objemových procent dřevěných třísek nahrazeno vlákny z kamenné vlny.

## 5. Výroba vzorků cementotřískových desek

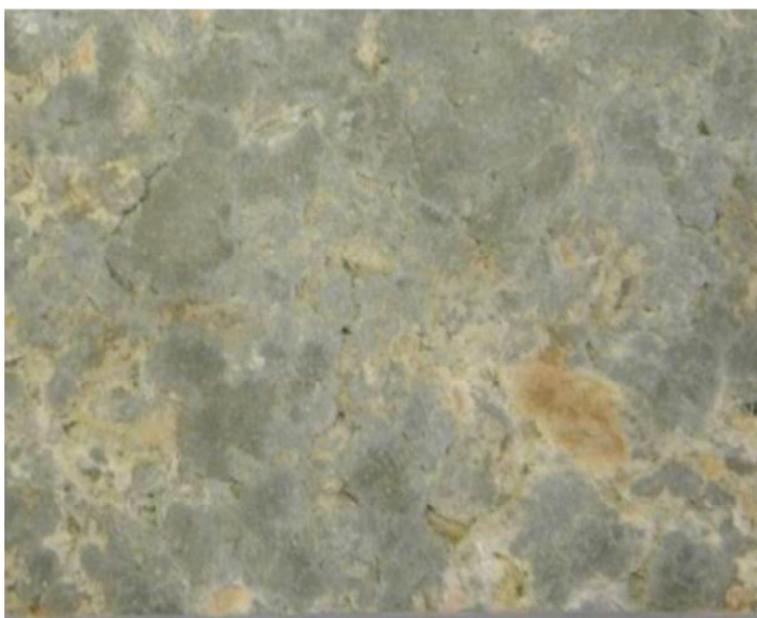
V laboratorních podmínkách probíhalo míchání směsi v plastové nádobě za pomoci ručního elektrického míchadla. Postup byl vždy shodný – do nádoby bylo vloženo odvážené množství plniva, následně zalité dávkou vody s rozpuštěným síranem hlinitým a roztokem vodního skla. Směs byla zamíchána a následně ponechána v klidu po dobu 3 minut z důvodu nasáknutí plniva vodou. Poté byla přidána navážka cementu a směs opět promíchána. Tento postup dávkování jednotlivých surovin odpovídá postupu na výrobní lince pro cementotřískové desky.

1. – 2. října 2013

VUT v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví

---

Směs pro výrobu zkušebních těles se ručně nanášela na předem připravené a odformovacím přípravkem ošetřené ocelové pláty. Snahou bylo vytvořit konstantní tloušťku a stejnoměrně rozptýlit pracovní směs v rámci celé desky. Na nasypanou směs byl následně přiložen ocelový plát, směs se pomocí šroubů a matic slisovala na tloušťku cca 9 mm. Celá forma se následně navezla do propařovacího zařízení, kde byly simulovány obdobné podmínky jako při strojní výrobě na lince v závodě.



*Obrázek 2.: Povrch laboratorně vyrobené desky se 100 % náhradou kamenné vlny*

Desky vyrobené z vláken kamenné vlny mají s měnícím se objemem vláken různé struktury povrchu. Receptura se 100 % náhradou má hladký a celistvý povrch s občasnými viditelnými malými shluky minerálních vláken. Se snižujícím se objemem vláken se stává povrch členitější.

Při provozním testu ve výrobním závodě bylo postupováno dle standardního výrobního postupu, pouze část stávajícího plniva (dřevěné třísky) byla nahrazena vlákny z kamenné vlny (náhrada v objemu 10%). Vlákna z kamenné vlny byly nasypány ručně do míchačky.

Poznatky z výroby desek:

Ve stávající míchačce nedojde ke stoprocentnímu rozmíchání nadávkované minerální vaty. Nerozmíchané chomáčky (shluky vláken) vystupují z navrstvených desek. Chomáčky se nezachytávají na sítích, na stěnách vrstvicích komor ani v tryskách. Zkouška ukázala, že rozcupování vlny ještě není dokonalé. Malé množství vláken z minerální izolace se v míchačce nerozvláknilo, síto ve vrstvicí komoře chomáčky hmoty srazilo na rouno a ty potom vyčnívaly z desky mírně zasypány jemnou směsí. Množství nerozvlákněných chomáčků bylo ale malé.



*Obrázek 3.: Dávka vláken z kamenné vlny v míchačce na provozní lince*

## **6. Výsledky a diskuse**

Vyrobené laboratorní desky zrály po dobu 28 dní, poté byly naformátovány na zkušební tělesa a testovány. Pro posouzení vlivu podílu kamenné vlny byla vyrobena referenční deska s recepturou a složením odpovídající cementotřískové desce.

Sledovány byly tyto parametry:

- objemová hmotnost dle ČSN EN 323,
- pevnost v tahu za ohybu dle ČSN EN 310,
- modul pružnosti dle ČSN EN 310,
- pevnost v tahu kolmo na rovinu desky dle ČSN EN 319.

*Tab. 3 : Fyzikálně-mechanické parametry laboratorně vyrobených desek*

	Referenční vzorek	Vzorek s 100% náhradou vláken kamenné vlny	Vzorek s 75% náhradou vláken kamenné vlny	Vzorek s 50% náhradou vláken kamenné vlny	Vzorek s 25% náhradou vláken kamenné vlny
Objemová hmotnost (kg/m <sup>3</sup> )	1 240	1 620	1 560	1 510	1 478
Pevnost v tahu za ohybu (N/mm <sup>2</sup> )	7,88	5,02	5,65	7,10	7,29
Modul pružnosti (N/mm <sup>2</sup> )	5740	3493	4750	4710	4190
Pevnost v tahu kolmo na rovinu desky (N/mm <sup>2</sup> )	0,51	0,37	0,42	0,44	0,45

Stejným způsobem byla testována i strojně vyrobená deska při provozním testu v závodě společnosti CIDEM Hranice, a.s.. Výsledky včetně porovnání se současně vyrobenou deskou standartní receptury a celoročním průměrem jsou uvedeny v tabulce:

*Tab. 4 : Fyzikálně-mechanické parametry strojně vyráběných desek*

	2012 – průměr z výroby	Současně vyrobené desky klasickou receptura	Cementotřísková deska s vlákny z kamenné vlny
Objemová hmotnost (kg/m <sup>3</sup> )	1 329	1 334	1 390
Pevnost v tahu za ohybu (N/mm <sup>2</sup> )	11,95	12,08	12,93
Modul pružnosti (N/mm <sup>2</sup> )	6 569	6 765	7 431
Pevnost v tahu kolmo na rovinu desky (N/mm <sup>2</sup> )	0,59	0,59	0,72

Z dosažených výsledků desky z provozní linky je patrné, že náhrada dřevěného plniva vláknou z kamenné vlny (v množství 10 %) nezhoršuje fyzikálně-mechanické parametry. V případě porovnání s referenčním současně vyrobeným vzorkem klasickou recepturou došlo dokonce k mírnému zvýšení ohybové pevnosti a modulu pružnosti.

## **7. Závěr**

V České republice v současnosti působí 3 výrobci kamenné vlny, v sousedních státech (Polsko, Slovensko) další 5 producentů izolačních desek na bázi kamenné vlny. U všech při výrobě dochází k vzniku odpadu, který je dále částečně zpět využit do výroby, popřípadě následně upravován. Jednoznačně je patrný trend co nejlépe využít vzniklý odpad, nejlépe zvýšit užitnou hodnotu a vyrobit z něj další izolační produkt pro komerční použití s přidanou hodnotou. Tento trend má za následek výraznou eliminaci odpadu, popřípadě z výroby zbývá materiál nevhodný nebo obtížně zpracovatelný pro výše uvedené použití. Z tohoto důvodu byla analyzována možnost modifikace složení cementotřískových desek právě tímto odpadem.

Záměrem výzkumu prezentovaného v tomto článku bylo tedy analyzování parametrů cementotřískových desek s upraveným složením. Modifikace složení byla řešena vláknou z odpadu výroby kamenné vlny. Bylo zjištěno, že vhodnou úpravou a dávkováním odpadu z výroby kamenné vlny v množství 10 % lze dosáhnout srovnatelných parametrů jako u standardně vyráběné cementotřískové desky. S ohledem na materiálovou bázi vláken minerální vlny lze předpokládat zvýšení požární odolnosti desek.

## **Poděkování**

Tento výsledek byl realizován za finanční podpory z prostředků státního rozpočtu prostřednictvím Ministerstva průmyslu a obchodu v rámci projektu TIP č. FR-TI 3/595 „Inovace složení směsi pro výrobu cementotřískové desky“.

1. – 2. října 2013

VUT v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví

---

## **Literatura**

[1] VACULA, M.; MILDNER, R.; KLVÁČ, M. Využití odpadu z výroby kamenné vlny pro modifikaci vlastností cementových desek s organickým plnivem In Sanace a rekonstrukce staveb 2011, Praha, WTA Praha, p.77-83, ISBN 978-80-02-02344-9

## **Kontakt**

Ing. Miroslav VACULA, tel: 00420 581 676 293, e-mail: vacula@cetris.cz, CIDEM Hranice, a.s., Skalní 1088, 753 01 Hranice.

Ing. Martin KLVÁČ, tel: 00420 581 676 297, e-mail: klvac@cetris.cz, CIDEM Hranice, a.s., Skalní 1088, 753 01 Hranice.

Robert MILDNER, tel: 00420 581 676 304, e-mail: mildner@cetris.cz, CIDEM Hranice, a.s., Skalní 1088, 753 01 Hranice.

Ing. Tomáš MELICHAR, Ph.D., tel: 00420 541 147 463, e-mail: melichar.t@fce.vutbr.cz, Ústav stavebního zkušebnictví, FAST VUT v Brně, Veverí 95, 602 00 Brno.