

Případová studie využití recyklovaného stavebního sádrokartonu

Pavel Tesárek, *Fakulta stavební ČVUT v Praze, tesarek@fsv.cvut.cz*

Zdeněk Prošek, *Fakulta stavební ČVUT v Praze, zdenek.prosek@fsv.cvut.cz*

Hana Fojtáková, *Fakulta stavební ČVUT v Praze, fojtachova@fsv.cvut.cz*

Jiří Podolský, *Moravostav Brno, a.s., podolsky@moravostav.cz*

Souhrn

V současné době je snahou recyklovat stavební a demoliční odpad, mezi který patří i sádrokartonové desky. V současné době se je snahou využít stavební sádrokartonové desky jako materiál pro výrobu nových desek, ale tomuto procesu brání několik faktorů. V rámci příspěvku je představena případová studie, která se zaměřila na tuto problematiku. Případová studie vychází z poznatků získaných během několika v rámci projektů řešených na Fakultě stavební ČVUT v Praze a při spolupráci s průmyslovými partnery, mezi které patří především společnost Knauf Praha, spol. s r.o. a Moravostav Brno, a.s. stavební společnost. Dále je v příspěvku představený jeden alternativních výrobků na bázi recyklované sádry, a to lité sádrové příčkové bloky.

Klíčová slova: *recyklace, sádrokarton, stavební odpad, druhotná surovina, případová studie.*

Summary

Currently, there is an effort to recycle construction and demolition waste, which includes plasterboard. At present, there is an effort to use construction plasterboard as a material for the production of new boards, but several factors hinder this process. This paper presents a case study that focused on this issue. The case study is based on knowledge gained during several projects carried out at the Faculty of Civil Engineering of the Czech Technical University in Prague and in cooperation with industrial partners, including Knauf Praha, spol. s r.o. and Moravostav Brno, a.s. construction company. The paper also presents one alternative product based on recycled gypsum, namely cast gypsum partition blocks.

Keywords: *recycling, gypsum board, construction waste, secondary raw material, case study.*

Úvod

V současné době se intenzivně řeší problematika recyklace stavebního a demoličního. Mezi stavební odpad, který není ještě zcela efektivně využíván, patří i sádrokartonové (dále SDK) desky a další materiály na bázi sádry. Jako nejvhodnější se jeví využití stavebního SDK odpadu při výrobě nových SDK desek, to ale není prozatím možné, a i při nalezení nového know-how, bude pravděpodobně existovat jisté omezení [1]. V současné době existuje řada subjektivních i objektivních důvodů, proč není stavební SDK využíván při výrobě SDK desek [2-3]. Především se jedná o kvalitu recyklátu a jeho možné efektivní způsoby úpravy a následné recyklace, a to včetně efektivního způsobu kalcinace.

Část nevhodného stavebního SDK může být využito např. při výrobě litých nebo vybroliovaných staveních prvků, např. bloků nebo příčkovek, které mohou být v případě lití např. i vylehčeny. Druhou možností je výroba sádrových pojiv, např. omítkových směsí nebo malt, a to v podobě suchých směsí [3].

Případová využití stavebního sádrokartonového odpadu pro výrobu nových SDK desek

Na základě provedených rešerší i komunikace s průmyslovými partnery (především KNAUF Praha, spol. s r.o. a Moravostav Brno a.s. stavební společnost), MPO, MŽP a dalšími výzkumnými organizacemi byla sestavena "Případová studie využití stavebního sádrokartonového odpadu pro výrobu nových SDK desek", která je uvedena v **Tabulce 1 a 2**. Z praktického pohledu byla rozdělena do 2 fází. V první fázi se primárně řeší demolice, recyklace a vlastní vznik odpadu na bázi SDK. V druhé fázi pak zpracování a následné využití recyklátu na bázi SDK. V každém případě SDK desky musí splňovat platné normy a předpisy (EN, ČSN). Snahou bylo popsat a pokusit se najít vhodná řešení pro definované okruhy subjektů, které jsou spojené s problematikou recyklace stavební DK odpadu, a to jak z pohledu výrobců SDK desek, tak potenciálních zákazníků a koncových uživatelů. Tedy celý logický řetězec, který musí být zcela propojený, aby byl celá „koloběh“ SDK uzavřený a efektivní. Jako klíčové se pak jeví především nakládání s odpadem při jeho vzniku, resp. nakládání s ním v okamžiku, kdy se z něho stává opad. Protože nevhodné rozhodnutí může zabránit jeho následnému efektivnímu využití v podobě „nové“ suroviny. Jen připomeňme, že ze sádrovce a sádrokartonu se stává strategická surovina.

Tabulka 1: Případová studie recyklace stavebního sádrokartonu pro výrobu nových sádrokartonových desek. Část I. "Vznik recyklátu a úprava recyklátu" pro Investora/Vlastníka objekty a Manažera/Demoliční firmu".

Subjekt	Bariéry	Příklad a řešení
Investor/ Vlastník Objektu	Odpor vůči recyklátu v materiálu.	SDK s recyklátem musí splňovat normové a interní požadavky výrobců jako desky bez recyklátu.
	Demolice/ dekompozice – vyšší časová náročnost/cena.	Ušetřené náklady: prodej recyklátu / minimalizace nákladů na skládkování / zákaz skládkování inertního odpadu / nebezpečný odpad. Zamezení kontaminace dalších SDO (např. betonu) při demolici.
Manažer/ Demoliční firma	Náklady / Čas na dekompozici / Selektivní demolici vs. Demolice.	Předdemoliční audit / Vzdělávání v oblasti osvědčených postupů, Holistický přístup, Zákony a vyhlášky
	Náklady na pronájem / provoz speciálních kontejnerů proti povětrnosti (déšť)	Holistický přístup, integrace do nákladů celé demolice a stavby. Zajištění kvality s ohledem na další zpracování/úpravu recyklátu.
	Kontaminace (různé typy desek).	Využití speciálních kontejnerů proti kontaminaci Předdemoliční audit Vzdělávání v oblasti osvědčených postupů
	Kontaminace (další látky).	Předdemoliční audit, in-situ testování

Tabulka 2: Případová studie recyklace stavebního sádrokartonu pro výrobu nových sádrokartonových desek. Část I. “Zpracování a využití recyklátu” – Recyklační střediska, Architekt /Inženýr/Projektant a Výrobce SDK/Omítky.

Subjekt	Bariéry	Příklad a řešení
Recyklační středisko	Nestálá cena / náklady na recyklaci	Ušetření primárních neobnovitelných surovin. Legislativa – využití většího množství recyklátu v nových výrobcích a stavbách.
	Separace kartonu a dalších nečistot.	Využití speciálních kontejnerů – kvalita recyklátu při cestě do recyklačního střediska. Primární separace v recyklačním středisku zbavení nečistot a rozřídění.
	Size-effect /různé velikosti odpadu – deska/fragment.	Využití speciálního kontejneru a recyklační linky na zpracování a úpravu SDK odpadu.
	Recyklát neodpovídá potřebné kvalitě pro výrobu SDK (kontaminace).	Využití speciálních kontejnerů s předdrcením a zamezení kontaminace (materiály/desky). Využití speciální recyklační linky na zpracování a úpravu SDK odpadu. Jiné sádrové výrobky s nižšími nároky na kvalitu recyklátu (sádra. omítka, blok atp.).
	Dokumentace (původ a druh desek).	V rámci předdemoličního auditu ověřit kvalitu desek, jejich typ atd. / je již součástí BIM/el. dokumentace. Stanovení souboru materiálových vlastností konstrukcí z SDK na stavbě.
Architekt/ Inženýr/ Projektant	Užité vlastnosti desek při použití recyklátu.	SDK musí splňovat normy (EN520) a kvalitativně jsou srovnatelné s deskami bez recyklátu.
	Vyšší cena za SDK s využitím recyklátu.	Přechod od fosilních paliv zapříčiní nedostatek energosádrovce, bariéra bude v budoucnu nepodstatná, protože dojde k výraznému nárůstu ceny energosádrovce. Do budoucna bude tlačit legislativa na využití většího množství recyklátu v nových výrobcích a stavbách.
Výrobce SDK/ Omítky	Kvalita recyklátu.	Za kvalitu bude odpovídat recyklační středisko, a to se promítne do celkových nákladů.
	Množství použitelného recyklátu na trhu.	Přímo závisí na osvědčených postupech demolice a následné recyklace. Zavedení certifikovaných postupů, jak nakládat s odpadem na bázi SDK. Legislativní podpora využití recyklátů.
	Množství použitého recyklátu v směsi pro SDK.	Propojení výrobců s celým řetězcem, tj. subjekty uvedené výše. Závisí na samotné kvalitě recyklátu, navržené směsi a celé technologii výroby.

Příklad využití stavebního sádrokartonového odpadu v podobě litých příčkových bloků

Jestliže stavební a demoliční odpad, resp. z něho vyrobený upravený recyklát nebude splňovat podmínky pro jeho využití při výrobě nových SDK desek, je nutné hledat alternativy jeho efektivního využití. Jednou takovou cestou mohou být lité výrobky na bázi sádry, v uvedeném případě příčkové bloky. Celý systém byl navržený, tak aby bylo možné bloky následně demontovat, rozebrat, očistit a použít znovu.

Materiál pro výrobu byl z 50 hm. % tvořen sádrou pro výrobu SDK desek a z 50 hm. % upraveným recyklátem ze stavebního sádrokartonového odpadu, který byl upraven na recyklační lince. Rozměry litých bloků byly zvolené 300 × 155 × 70 mm, pro spojování byla zvolena varianta drážek na blocích s vkládaným perem. Drážka pro přesné sesazení bloků byla 12,5 × 25,0 mm. Do drážky bylo vloženo péro ze sádrokartonu s rozměrem 12,5 × 50,0 mm. Formy byly poloprovozně vyrobené z voděodolné překližky tl. 15 mm. Doba tuhnutí (zpracování) sádrové hmoty cca 3 minuty a po 4 minutách došlo k odbednění (Obr. 1).

Lepení, resp. spojování, bloků bylo provedeno s použitím nízko expanzní polyuretanové pěny, která je vhodná pro zdění. Demontáž a řezání bloků byly provedeny pomocí diamantového řezného drátu o průměru 0,42 mm a odlamovacího nože s čepelí o šířce 18 mm.



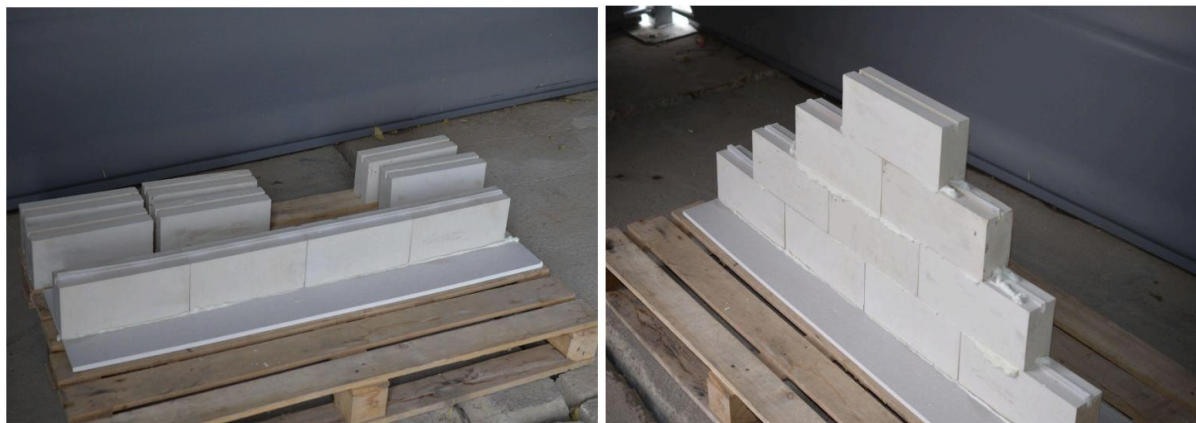
Obr. 1: Vyrobené sádrové bloky před vyzdíváním.

Z praktických důvodů byly zvolené dvě varianty spojení sádrových bloků na PU pěnu, a to pouze ve styčné nebo ložné spáře. Po postavení stěny byla provedena i demontáž stěny, aby bylo možné ověřit možnost rozebrání.

Stavba stěny z 10 bloků slepením PU pěnou v ložné spáře a následná demontáž

Postup byl následující. Bloky byly kladeny vždy v řadách s těsným srazem. Povrch materiálu byl homogenní a hladký. Tvárnice jsou dostatečně pevné, při manipulaci nedocházelo k praskání ani k odštípnutí hran a rohů. Skládání tvárnice nebylo zvlášť náročné,

po vyskládání první řady došlo k vložení spojovacího pruhu do drážky, a tímto došlo ke stabilizaci bloků. Je důležité, aby nedošlo k příčnému prasknutí tohoto pruhu. Takto prasklý pruh, zejména ve spoji dvou tvárnic by neplnil požadovanou funkci. Po vložení spojovacího pruhu (pera) byla nanесena PU pěna ve dvou řadách. A následně byla kladena další řada tvárnic shodným způsobem jako u řady předchozí. Po vyskládání druhé řady se opět vložil spojovací pruh do drážky a tento postup se opakoval až do vyzdění všech tvárnic (viz Obr. 2).



Obr. 2: Vyzdívání z vyrobených sádrových bloků. PU pěna v ložných spárách.

Demontáž stěny byla následující. Vyzdění stěna byla po vytvrzení pěny velice stabilní a bylo značně náročné jednotlivé tvárnice oddělit. K proříznutí jednotlivých spár mezi bloky byl použit diamantový řezný drát o průměru 0,42 mm a dále pak odlamovací nůž s šířkou čepele 18 mm. Spojovací pruh SDK (pero) mezi jednotlivými řadami společně s PU pěnou činili demontáž bloků značně obtížnou. Každá tvárnice se poté dokonale očistila, především v drážce, která musí být pro opětovné použití řádně čistá a bez zjevných nečistot. Díky minimální spáře mezi jednotlivými řadami zdiva bylo vedení řezného drátu velmi obtížné a drát se často zařezával přímo do tvárnice. Na druhou stranu, použití většího průměru řezného drátu by nebylo možné, protože by se nedostal do ložné ani svislé spáry, tak aby vždy neupiloval i povrch jednotlivých bloků. Čištění bloků bylo nejnáročnější z celé této zkušební operace. Použití nerezových a plechových nástrojů, jako špachtlí apod. zanechává na povrchu bloků výrazné rýhy a poškození (viz Obr. 3).



Obr. 3: Demontáž sádrových bloků. PU pěna v ložných spárách.

Stavba stěny z 10 bloků ve svislé spáře slepeno PU pěnou a následná demontáž

Technologický postup byl následující. Bloky byly kladeny vždy v řadách s těsným srazem. Povrch materiálu byl homogenní a hladký. Tvárnice jsou dostatečně pevné, při manipulaci nedocházelo k praskání ani k odštípnutí hran a rohů. Skládání tvárnic nebylo zvlášť náročné, po vyskládání první řady, kdy jednotlivé tvárnice jsou mezi sebou slepené dvěma řadami PU pěny vhodné ke zdění, došlo k vložení spojovacího pruhu do drážky a tímto se došlo ke stabilizaci bloků. Je důležité, aby nedošlo k příčnému prasknutí tohoto pruhu. Takto prasklý pruh, zejména ve spoji dvou tvárnic by neplnil požadovanou funkci. Po vložení spoj. pruhu byla kladena další řada tvárnic shodným způsobem jako u řady předchozí. Po vyskládání druhé řady se opět vložil spojovací pruh do drážky a tento postup se opakoval až do vyzdění všech tvárnic (viz Obr. 4).



Obr. 4: Vyzdívání stěny z vyrobených sádrových bloků. PU pěna v styčných spárách.

Technologický postup demontáže byl následující. Vyzdění stěny bylo po vytvrzení pěny velice stabilní a bylo značně náročné jednotlivé tvárnice oddělit. K proříznutí jednotlivých spár mezi bloky byl použit diamantový řezný drát o průměru 0,42 mm a dále pak odlamovací

nůž s šířkou čepele 18 mm. Každá tvárnice se poté dokonale očistila, a to zejména uvnitř drážky, kde byl vložený spojovací pruh. Tato drážka musí být pro opětovné použití řádně čistá a bez zjevných nečistot. Následné vkládání nového pruhu SDK by činilo značné obtíže. Díky minimální spáře mezi jednotlivými řadami zdiva bylo vedení řezného drátu velmi obtížné a drát se často zařezával přímo do tvárnice. Dále platí i to co u 1. varianty. Čištění bloků u tohoto způsobu zdění nebylo příliš náročné. Požitím nerezové špachtle se očistila vždy svislá strana bloků od PU pěny a následně vyjmul spojovací pruh sádrokartonu (viz Obr. 5).



Obr. 5: Demontáž sádrové stěny, PU pěna ve styčných spárách.

Závěr

V příspěvku je představena případová studie na téma recyklace stavebního sádrokartonového odpadu z pohledu dnešního poznání a bariér, které brání efektivnímu využití stavebního sádrokartonového odpadu pro výrobu nových sádrokartonových desek. Využití pro výrobu nových SDK desky by bylo zcela logickým krokem. Zároveň je představena poloprovozní výroba litých příčkových bloků spojených pomocí PU pěny, které mohou být alternativním využitím SDK odpadu.

Poděkování

Příspěvek byl podpořen projektem TA ČR Trend č. FW03010054 "Recyklace a přeměna stavebního sádrokartonového odpadu na nové stavební výrobky a aplikace s přidanou hodnotou" (2021-2023) a projektem HORIZON 2020+ č. 101058580 "Automated Solutions for Sustainable and Circular Construction and Demolition Waste Management" (2022-2026).

Použitá literatura

[1] Tesárek, P. a kol.: Průběžná dílčí zpráva o řešení projektu TA ČR Trend č. FW03010054 za rok 2023 za subjekty ČVUT v Praze, Moravostav, a.s. a Knauf Praha, spol. s r.o., Praha 2023.

[2] Tesárek, P.; Prošek, Z.; Valentin, J.; Sekavová, H.; Podolský, J.: Stavební systém na bázi odpadního sádrokartonu z demolic. In: TVIP. Praha: CEMC, 2023. ISBN 978-80-85990-41-6.

[3] Sekavová, H.; Prošek, Z.; Tesárek, P. (2024): Optimizing properties of gypsum mixtures through modifications of construction gypsum board waste. WASTE FORUM. (1), 29-38, 2023. ISSN 1804-0195.