

Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost



WP 1.A STAVEBNÍ A DEMOLIČNÍ ODPADY

konference

Životní prostředí – Prostor pro život

2. – 3. 11. 2023, NTK Praha

T A
Č R

Tento projekt je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR a Ministerstva životního prostředí v rámci **Programu Prostor pro život**.

www.tacr.cz

www.mzp.cz

Využitelnost stavebních a demoličních odpadů a škváry ze spaloven KO pro stavební materiály

doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.

VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ing. Vít Černý, Ph.D.

VUT v Brně, Fakulta stavební

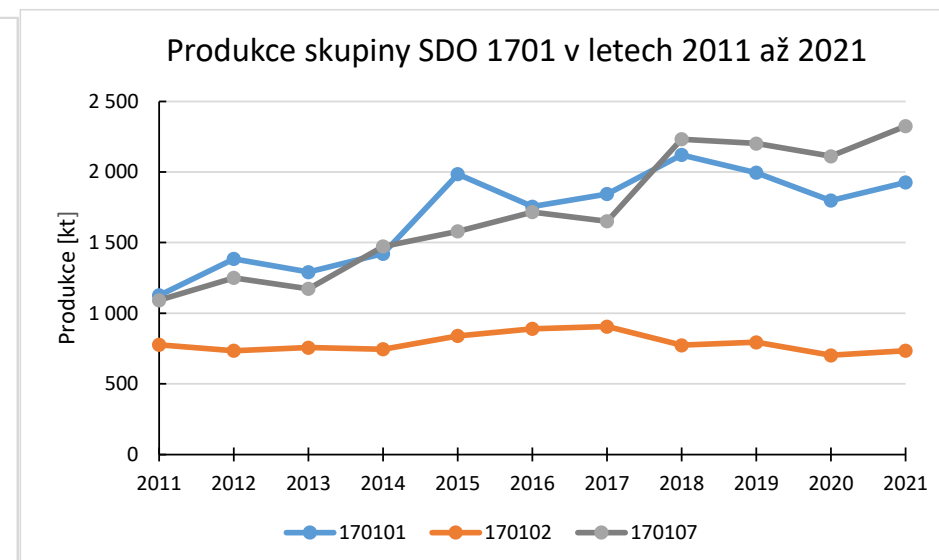
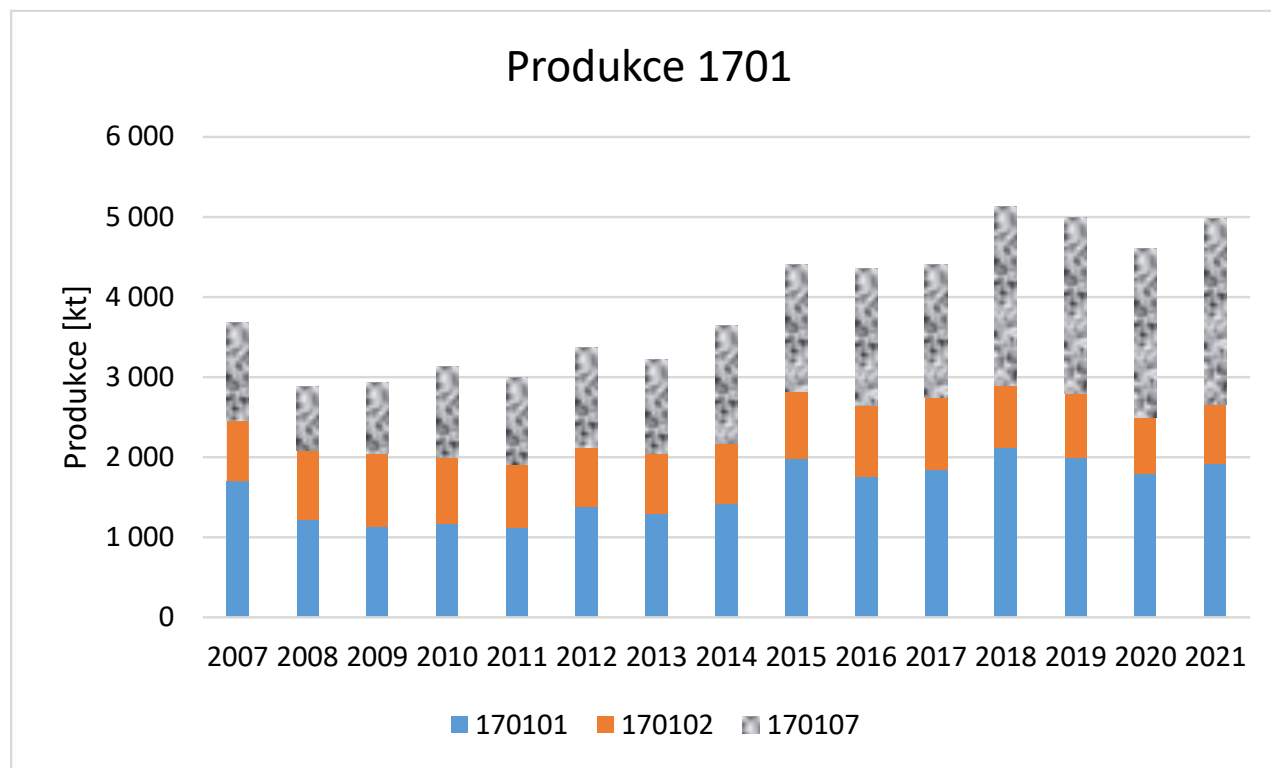
1. Produkce a nakládání se SDO v ČR

Tato část příspěvku se věnuje recyklaci inertních minerálních odpadů – zejména těmto skupinám materiálů:

- beton a betonové konstrukce,
- cihly a zdicí prvky,
- směsi betonu, cihel, tašek a keramických výrobků, které neobsahují nebezpečné látky,

Není zde záměrně zahrnuta zemina a kamení, které neobsahují nebezpečné látky.

Produkce a nakládání s odstraněnými cihlami a betonem v ČR



Produkce SDO hlavních skupin 1701 v letech 2007 až 2021

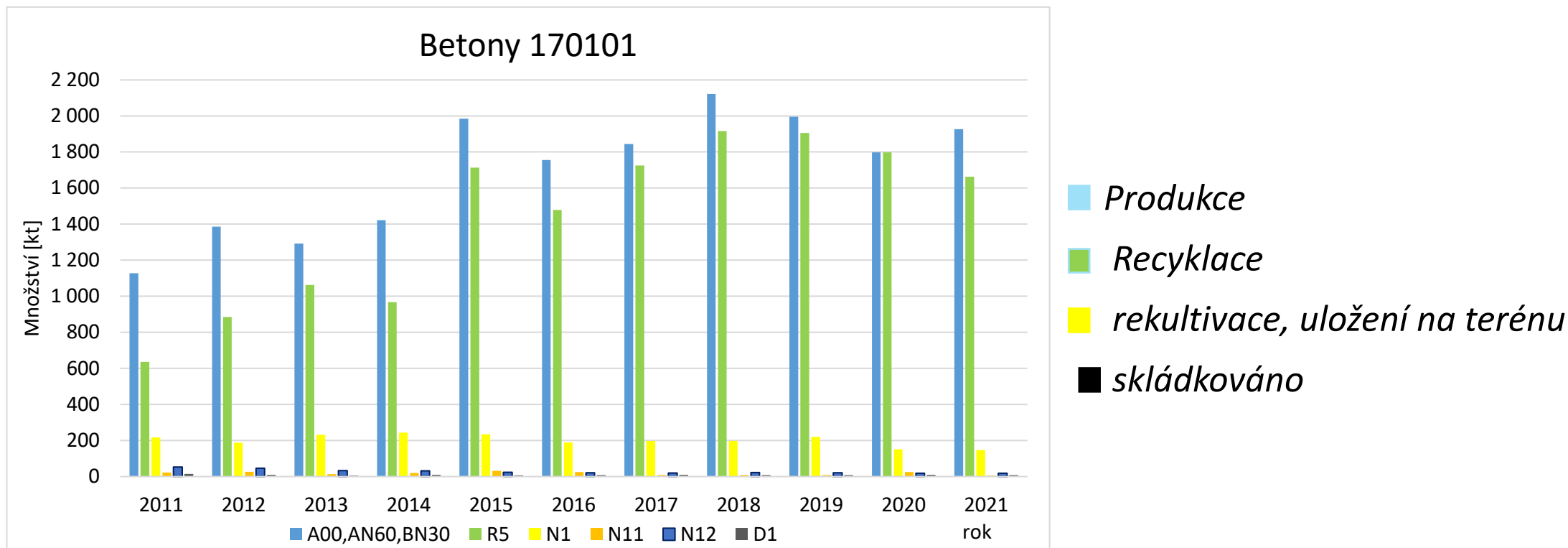
17 01 Beton, cihly, tašky a keramika

17 01 01 Beton

17 01 02 Cihly

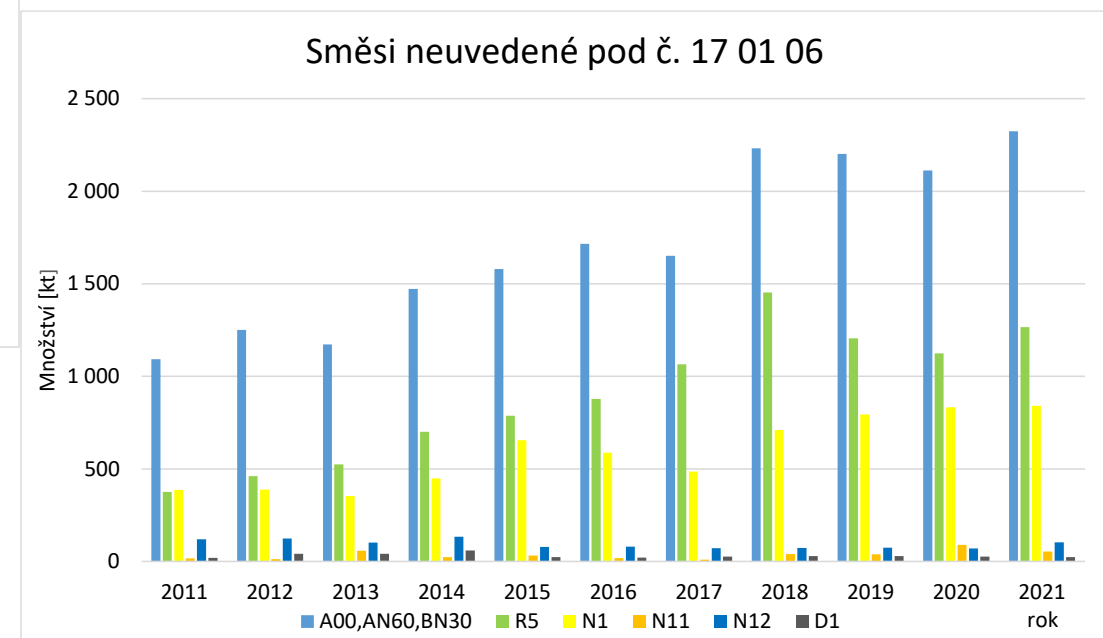
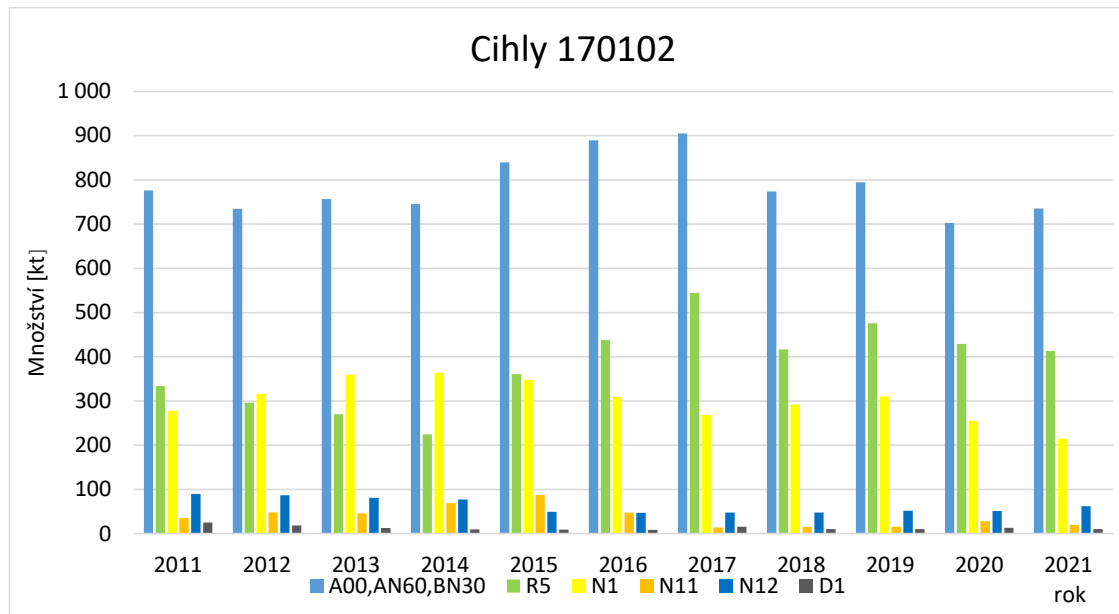
17 01 07 Směsi nebo oddělené frakce betonu, cihel, tašek a keramických výrobků neobsahující nebezpečné látky

Nakládání s odstraněným betonem



Produkcce a nakládání s odstraněným betonem v letech 2007 až 2021

Nakládání s cihlami a směsmi cihel a betonů



- *Produkce*
- *rekultivace, uložení na terénu*
- *recyklace*
- *skládkováno*

Produkce a nakládání s cihlami a se směsmi nebo oddělenými frakcemi betonu, cihel, tašek a keramických výrobků neobsahující nebezpečné látky v letech 2007 až 2021

Závěry: skupina 1701 - Beton, cihly, tašky a keramika

- Typický minerální odpad, který je primárně určený pro recyklaci a opětovné využití recyklátů ve stavebnictví,
- z hlediska pevnosti – nejvýhodnější materiál beton – měl by se při dekonstrukci staveb ukládat odděleně,
- využití těchto materiálů je po recyklaci nejčastěji na zásypy, podsypy a na zpevnění dočasných komunikací na stavbách,
- využití jako plnivo v betonu je minimální, zejména s ohledem na platnou normu EN 206-1 + A2 (Beton – specifikace, vlastnosti výroba a shoda) a její doplňkovou ČSN P 732404.
- standardně lze využít jako plnivo pouze recyklovaný beton a částečně slinutou keramiku (nikoliv cihelný střep)
- možné je využití jemné frakce $< 0,125$ mm jako částečná náhrada pojiva jako aktivní příměsi II (dle ČSN EN 206+A2)

Závěry: skupina 1701 - Beton, cihly, tašky a keramika



Potenciál recyklovaných SDO při výrobě betonů

Dosažitelná úspora primárních nerostných surovin

- Roční produkce betonu v ČR 10 až 11 milionů m³.
- Hmotnostní roční produkce betonu v ČR 16 až 18 milionů tun.
- K tomu je potřeba cca 12 až 12,5 milionů tun plniva.
- Roční produkce SDO skupiny 1701 – Betony, cihly, keramika ... 4,5 až 5 milionů tun.
- Při využití 50 % jako plnivo do betonů ⇒ 2,3 až 2,5 milionu tun.
- Snížení potřeby plniv z primárních nerostných surovin o ca 18 až 20 %



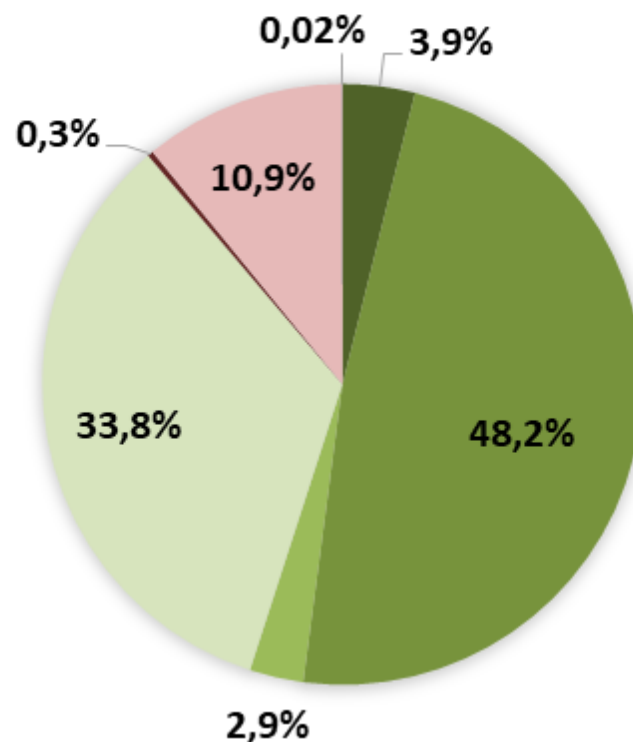
Nakládání s odpady



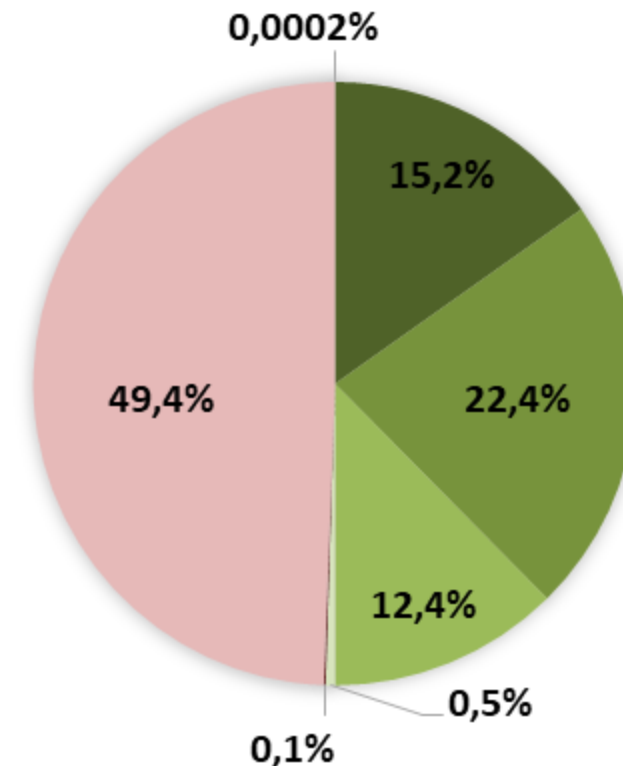
	Odpady ze skupiny 1-19	Komunální odpad
	2020	2020
Celkem (t)	35 380 809	5 271 690

- energetické využití
- kompostování
- spalování (bez energetického využití)
- ostatní nakládání
- recyklace materiálu
- zasypávání
- skládkování

SKUPINA ODPADU 1 AŽ 19



SKUPINA ODPADU 20



- Zákaz skládkování využitelných odpadů od 2030 → zvýšení energetického využití komunálního odpadu → zvýšení produkce škváry → zákaz skládkování využitelných odpadů → zvýšení využití škváry

Studium využitelnosti škváry ze spalování komunálního odpadu

Základní analýzy škváry

Zrnitost



částice větší než 32 mm 0 % < 15 % dle v. 273/2021
jemné částice 7,29 % < 9 % dle v. 273/2021 Sb.

Propad sítý [%]

0 [mm]	0,002 [mm]	0,006 [mm]	0,045 [mm]	0,063 [mm]	0,125 [mm]	0,25 [mm]	1 [mm]	2 [mm]	4 [mm]	8 [mm]	16 [mm]	32 [mm]
0,00	0,78	2,26	6,21	7,29	10,76	15,80	26,26	31,92	47,72	73,24	97,13	100,00

Chemický rozbor



sírany 0,78 % < 1 (2) % dle ČSN EN 132421+A1

Sírany - SO ₃	Chloridy	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅
0,78	0,48	48,14	9,81	7,96	0,91	0,13	16,16	1,95	1,60	3,91	1,20

Nasákavost



11,8 % > 0,5 % nutné zkoušení mrazuvzdornosti

Podkladní vrstva pod pozemní komunikace?



Studium využitelnosti škváry ze spalování komunálního odpadu

Příprava surovin

A. Surovina bez ošetření

B. Surovina ošetřena – vystavena řízenému prostředí



Škvára FRESH



Škvára CO₂

Řízené prostředí (nastaveno dle vlastní metodiky)

Parametry řízeného prostředí:
8 % koncentrace CO₂,
80 % relativní vlhkost

Urychlení procesu odležení vyžadovaná
v. 273/2021 Sb.

Diferenční termická analýza - míra karbonatce suroviny

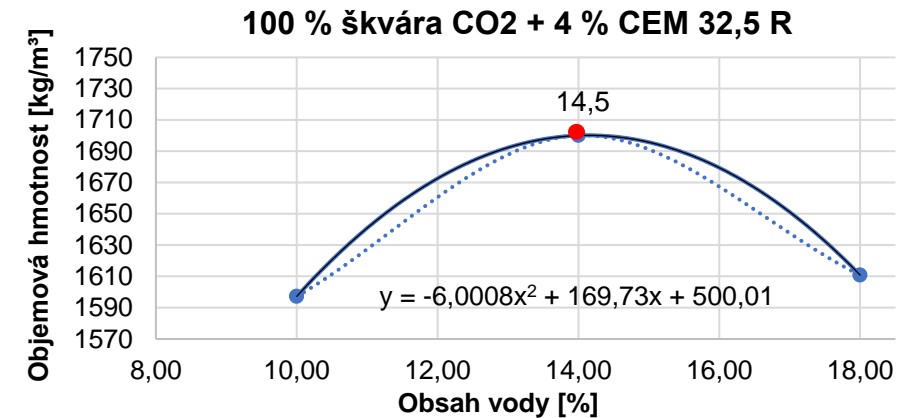
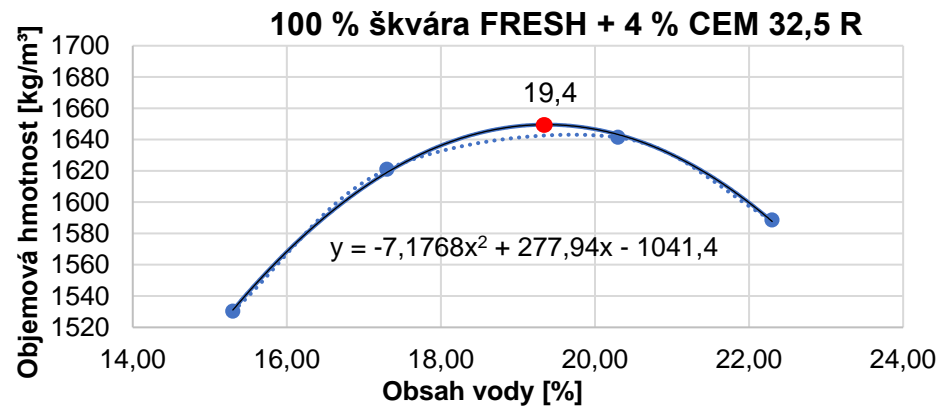
Surovina	Navážka	Dekarbonatace		Množství CaCO ₃	
	mg	mg	%	mg	%
Škvára FRESH	79,15	1,31	1,65	2,98	3,76
Škvára CO ₂	83,2	3,48	4,19	7,92	9,52

Detekován o 2,5x víc CaCO₃ ve vzorku z řízeného prostředí

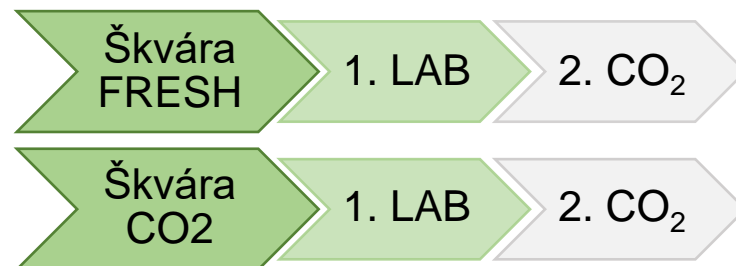
Studium využitelnosti škváry ze spalování komunálního odpadu

Příprava vzorků

Stanovení optimální vlhkosti: **Proctorova standardní zkouška** dle ČSN EN 13286-2



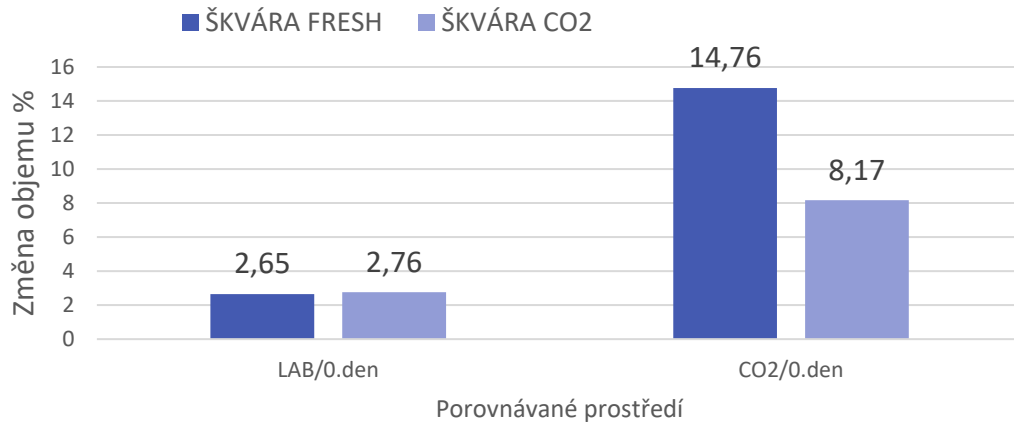
Zrání vzorků v laboratorním a řízeném prostředí



Parametry řízeného prostředí:
8 % CO₂
80 % relativní vlhkost

Studium využitelnosti škváry

Sledování změny objemu vzorků



Sledování změny pevnosti v tlaku vzorků

Vzorky z škváry FRESH	Pevnost v tlaku	Změna pevnosti CO2/ LAB
	N/mm ²	%
Prostředí LAB	3,1	- 66,3
Prostředí CO2	1,1	

Vzorky z škváry CO2	Pevnost v tlaku	Změna pevnosti CO2/ LAB
	N/mm ²	%
Prostředí LAB	1,4	- 40,3
Prostředí CO2	0,9	

Objemové změny - síra v siřičkové formě, volné CaO a MgO.

Vzorky z **škváry CO2** - o **45 %** menší objemové změny

FRESH → LAB

FRESH → CO2

CO2 → LAB

CO2 → CO2



Vystavení suroviny vlhkosti a CO₂



hydratace a karbonatace pojivové složky



pokles pevnosti vzorků

Studium využitelnosti škváry



Sledování změny výluhu škodlivin

Všechny suroviny i všechny vzorky **vyhoví limitním hodnotám** koncentrace škodlivin ve výluhu dle **tab. 6.1** vyhlášky 273/2021 Sb.

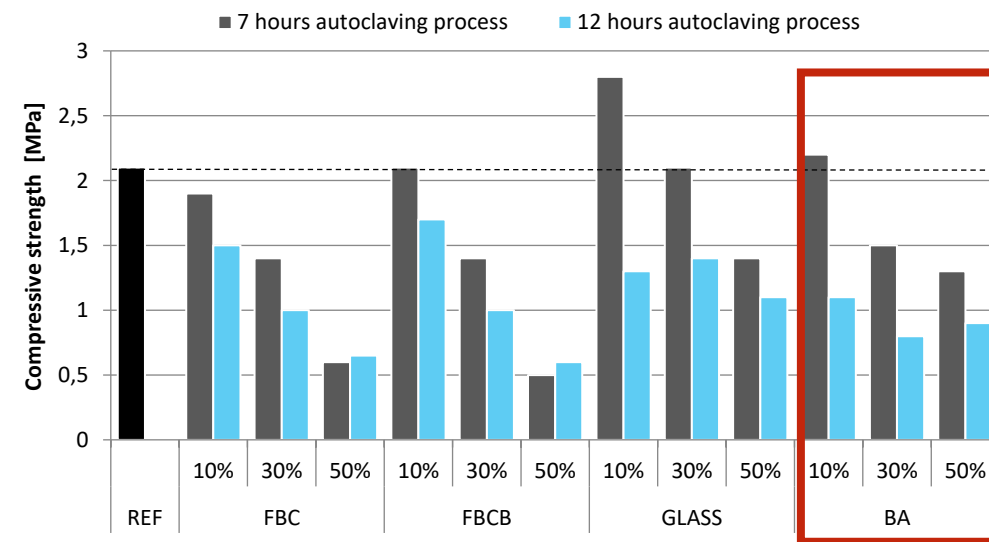
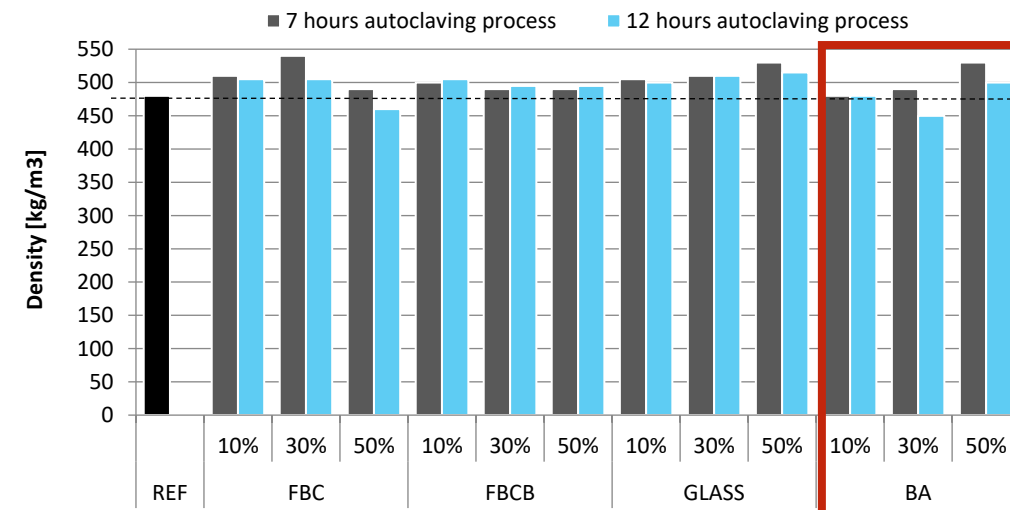
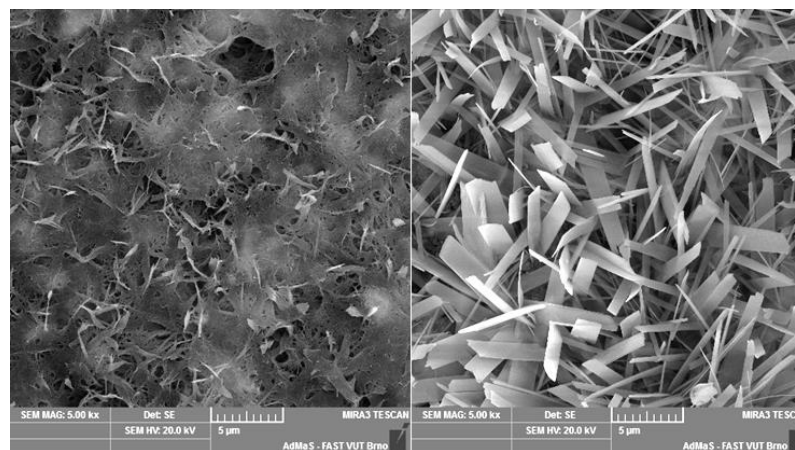
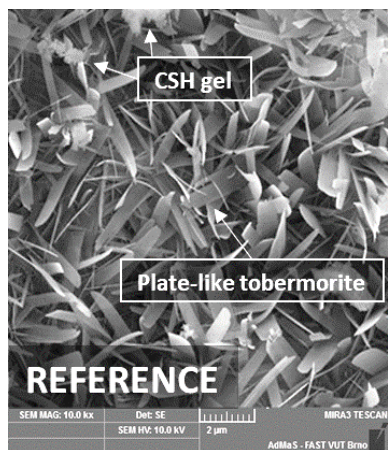
Nevyluhovatelná sloučenina → **oxidace** zejména **sloučenin** síry během procesu odležení → vznik **vyluhovatelné sloučeniny** → nárůst koncentrace škodlivin ve výluhu

Výluhy dle vyhlášky 273/2021 Sb. tab. 6.1	Limit	Surovina ŠKVÁRA FRESH	ŠKVÁRA FRESH LAB	ŠKVÁRA FRESH CO2	Surovina ŠKVÁRA CO2	ŠKVÁRA CO2 LAB	ŠKVÁRA CO2 CO2
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Chloridy	700	519	254	517	651	448	416
Fluoridy	6	< 0,400	0,2	0,2	0,42	0,2	0,31
Sírany	1000	86,3	177	785	990	762	881
As	0,03	< 0,0010	0,001	0,0022	0,0057	0,0029	0,0036
Ba	3	0,312	0,152	0,132	0,138	0,152	0,125
Cd	0,005	< 0,00050	0,0005	0,0005	< 0,00050	0,0005	0,00092
Cr, celkový	0,2	0,0184	0,011	0,0113	0,0154	0,0564	0,0377
Cu	1	0,652	0,249	0,0919	0,143	0,196	0,119
Hg	0,0008	< 0,00100	< 0,001	< 0,001	< 0,00100	0,001	0,001
Pb	0,05	0,0052	0,0012	0,001	0,0037	0,001	0,001
Sb	0,07	0,142	0,0217	0,0301	0,101	0,0375	0,0371
Se	0,1	0,0244	0,005	0,005	< 0,0010	0,005	0,005

Škvára ze spalovny komunálního odpadu v pórobetonu



- Mletá škvára 1-16 mm ze spalování komunálního odpadu
- Receptura běžného pórobetonu
- 10, 30 a 50 % substituce písku
- Testováno společně s fluidními popelovinami a sklem
- 7 a 12 hodin autoklávování na 190°C a 1,3 MPa
- Škvára při 10% substituci písku dosahuje srovnatelných parametrů jako referenční vzorky
- 50% substituce – vyšší výluhy $\text{SO}_4(2-)$ a RL



Závěr

- Škvára ze spalovny komunálního odpadu má částečně potenciál pro využití pro podkladní vrstvy, je však nezbytné se důkladně věnovat objemovým změnám (odležet) a pevnostem,