

# BEZPEČNÉ POUŽÍVÁNÍ DRUHOTNÝCH STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ

Informační balíček pro výrobce

Autoři:

Mateusz Kozicki

Anna Goljan

Katarzyna Komorowska

Katarzyna Naperty-Kowal

Michał Chwedaczuk

Filip Chyliński



Prosinec 2023



Tato publikace vznikla jako jedna z aktivit projektu CirCon4Climate. Tento projekt je součástí Evropské iniciativy pro klima (EUKI) německého Spolkového ministerstva pro hospodářství a ochranu klimatu (BMWK).

Supported by:



Federal Ministry  
for Economic Affairs  
and Climate Action



European  
Climate Initiative  
EUKI

on the basis of a decision  
by the German Bundestag

Název: Bezpečné používání druhotných stavebních materiálů.

Informační balíček pro výrobce.

Verze: 1.1

Datum: 8. prosince 2023

Autoři: Mateusz Kozicki, Anna Goljan, Katarzyna Komorowska,  
Katarzyna Naperty-Kowal, Michał Chwedaczuk, Filip  
Chyliński

Kontaktní osoba: Mateusz Kozicki  
m.kozicki@itb.pl

Institute: Výzkumný stavební ústav | Filtrowa 1, 00-611 Varšava |  
www.itb.pl

# Obsah

<b>1.</b>	<b>Úvod</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>Účel příručky</b>	<b>6</b>
<b>3.</b>	<b>Nakládání se stavebním odpadem</b>	<b>7</b>
3.1.	Hierarchie nakládání se stavebním odpadem	9
3.2.	Demolice budov	10
3.3.	Nakládání s demoličním odpadem	12
3.3.1.	Třídění odpadu na frakce	12
3.3.2.	Třídění bezpečných a nebezpečných odpadů	12
<b>4.</b>	<b>Stavební výrobky vs. oběhové hospodářství</b>	<b>15</b>
4.1.	Marketing stavebních výrobků	15
4.2.	Environmentální požadavky na stavební výrobky	17
4.2.1.	Prohlášení k zátěži životního prostředí	17
4.2.2.	Uvolňování nebezpečných látek ze stavebních výrobků	19
4.3.	Technické požadavky na stavební výrobky	23
<b>5.</b>	<b>Opětné využití stavebního, renovačního a demoličního odpadu (SRD) - případová studie</b>	<b>24</b>
5.1.	Konstrukční dřevo	24
5.2.	Ocel, výztužná ocel, železobetonové kompozity	25
5.3.	Sklo	26
5.4.	Plasty	28
5.5.	Sádra (sádrokartonové desky)	29
5.6.	Minerální odpad (beton, cihly, cement, keramické dlaždice)	30
<b>6.</b>	<b>Shrnutí a závěry – perspektiva a vývoj cirkulárního hospodářství ve stavebnictví</b>	<b>33</b>
<b>7.</b>	<b>Odkazy</b>	<b>34</b>
<b>8.</b>	<b>List čísel</b>	<b>39</b>

# 1. Úvod

Stavební inženýrství významně ovlivňuje přírodní prostředí a zdroje, zejména kvůli vysoké spotřebě surovin (např. dřeva, oceli, cementu a zeminy) a energie na výrobu, dopravu a vytápění a chlazení budov. Kromě toho vytváří obrovské množství odpadu ve fázi výroby, demolice a rekonstrukce, které je obtížné zlikvidovat a recyklovat. Koncepte udržitelné výstavby se vyvíjejí v reakci na výše uvedené problémy. Snaží se minimalizovat negativní dopad stavebnictví na přírodní zdroje prostřednictvím cirkulární ekonomiky neboli oběhového hospodářství, tj. zaváděním recyklace a opětovného použití stavebních materiálů a minimalizací množství odpadu navrhováním odolných a modulárních konstrukcí.

Emise oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>) související se stavebnictvím jsou významným faktorem celosvětových emisí, i když přesné procento se může lišit v závislosti na regionu a zdroji údajů. Podle zprávy Globální aliance pro budovy a stavebnictví (z angličtiny Global Alliance for Buildings and Construction z roku 2019. [1]) se výstavba a užívání budov v roce 2018 podílely na celosvětových emisích CO<sub>2</sub> souvisejících s energií přibližně 39%. Dosavadní model hospodářství založený na lineárním přístupu, kdy vyrábíme, používáme a likvidujeme, není z hlediska "kapacity" Země udržitelný. Je třeba zavést nové myšlení a opatření, která nahradí lineární ekonomiku oběhovým hospodářstvím, kde se odpad a suroviny znovu využívají. Oběhové hospodářství zahrnuje snižování spotřeby primárních zdrojů a energie a minimalizaci množství odpadu jejich uzavřením do smyčky procesu využití a recyklace.

Evropská Zelená dohoda [2] je balíček politických iniciativ, jejichž cílem je nasměrovat EU k ekologickému přechodu a konečně dosáhnout klimatické neutrality do roku 2050. Jeho cílem je bojovat proti změně klimatu, chránit biologickou rozmanitost, zlepšit kvalitu ovzduší a zvýšit efektivní využívání zdrojů. Zahrnuje několik komunikačních strategií, iniciativ a politik, jak je znázorněno na obr. 1 z [3]. Aby EU dosáhla svého cíle do roku 2030, navrhla Evropská komise v roce 2021 balíček nových a aktualizovaných předpisů známý jako "Fit for 55". V prvních šesti měsících roku 2023 byla schválena tato nařízení: revize Systému EU pro obchodování s emisemi (EU ETS), zavedení nástroje pro boj proti fugitivním emisím (poplatky za emise skleníkových plynů u dováženého zboží), projekt zaručující, že nová osobní a nákladní vozidla v EU budou v roce 2035 produkovat nulové čisté emise, a pozměněná emisní povolení pro letectví [4].

Obr. 1 Přehled politik, iniciativ a komunikace v rámci evropské Zelené dohody pro stavebnictví (podle [3]).



Mezi iniciativy Zelené dohody patří i Akční plán pro oběhové hospodářství neboli „Circular Economy Action Plan“ [5], který má podpořit oběhové hospodářství v Evropské unii. Mezi hlavní předpoklady „Akčního plánu pro oběhové hospodářství“ patří prevence plýtvání zdroji, podpora recyklace a opětovného použití, rozvoj sekundárního trhu a podpora ekologických inovací. V rámci měřitelné podpory oběhového hospodářství představila Evropská komise v březnu 2023 např. nový projekt na podporu oprav a opětovného použití zboží (výrobci by byli povinni opravovat výrobky v rámci zákonné záruky, pokud jejich náhrada není levnější), nové předpisy EU o obalech (odstranění zbytečných obalů, omezení množství obalů) nebo komplexní strategii EU o kritických surovinách [6].

Klimatické změny podnítily země EU k zavedení politik a směrnic na zlepšení energetické účinnosti budov v členských státech s cílem snížit spotřebu energie a emise skleníkových plynů. Mezi hlavní cíle Směrnice o Energetické náročnosti budov [7] patří například zlepšení energetické účinnosti budov, podpora využívání obnovitelných zdrojů energie a zavedení energetické certifikace budov. Členské státy musí sladit své vnitrostátní předpisy s požadavky směrnice a pravidelně podávat zprávy o pokroku při dosahování souvisejících cílů.

## 2. Účel příručky

Hlavním cílem příručky je zvýšit povědomí o praktikách oběhového hospodářství, které se zaměří na posílení tržních aktivit zaměřených na maximální využití druhotných surovin, snížení množství odpadu a vývoj nových ekologicky šetrných výrobků navržených s ohledem na perspektivy životního cyklu stavebních výrobků. Studie poskytne systematizované poznatky a nabídne praktická řešení pro výrobce a spotřebitele, kteří mají zájem využívat recyklované a post-recyklované stavební materiály – bez obav o bezpečnost – s cílem zlepšit nakládání s odpady a ochranu životního prostředí.

Příručka uvádí pokyny a požadavky týkající se posuzování technických vlastností a dopadů na životní prostředí a zdraví při používání druhotných materiálů, stavebních výrobků, které je obsahují, a recyklovaných a znovu uváděných materiálů na trh. Příručka dále uvádí přehled vnitrostátních a evropských předpisů, norem a požadavků, které mají zúčastněným stranám ve stavebnictví pomoci při uvádění stavebních výrobků na trh v souladu se zásadami oběhového hospodářství a při jejich bezpečném používání. Uvádí také oblasti, kde by se předpisy měly zpřesnit.

V neposlední řadě příručka poskytuje důležité informace o používání druhotných materiálů ze staveb, renovací a demolic (SRD). Přináší podrobné poznatky a pomáhá s orientací v problematice osobám a organizacím, které mají zájem o efektivní využívání těchto odpadů.

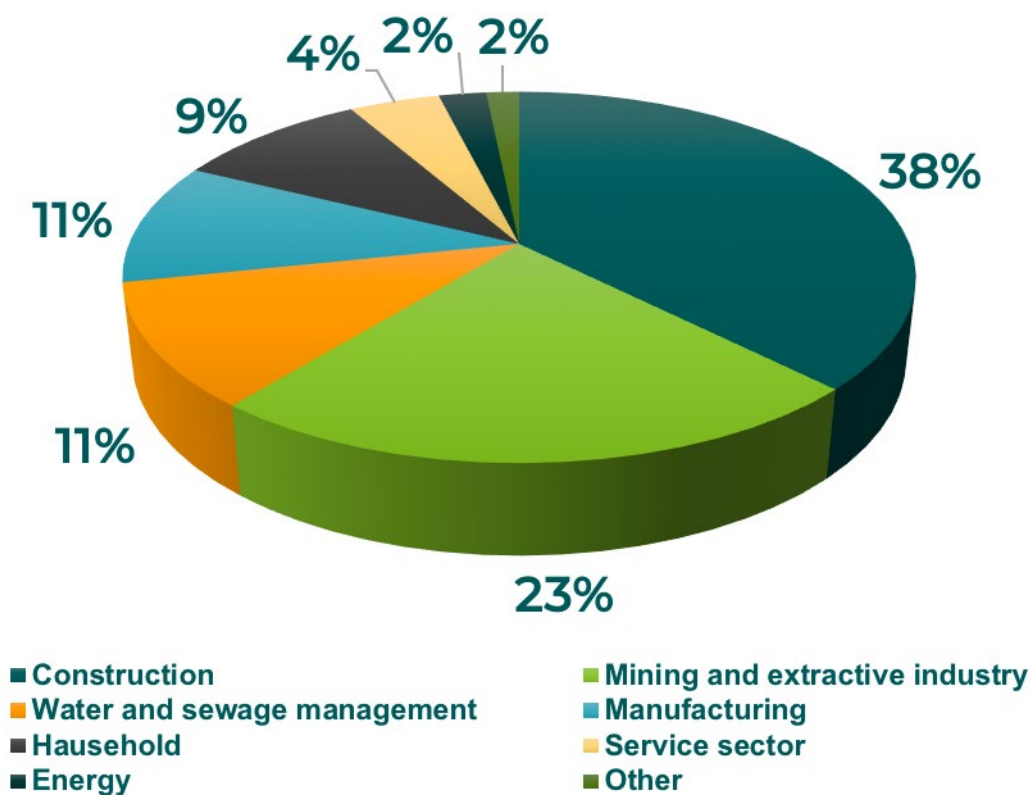
Úroveň recyklace a využití stavebního a demoličního odpadu se v EU pohybuje od méně než 10% do více než 90%. Členské státy používají různé definice stavebního a demoličního odpadu (SDO), což ztěžuje porovnávání mezi jednotlivými zeměmi. EU usiluje o zajištění ekologicky udržitelného nakládání s SDO. Plné využití potenciálu SDO přispívá k přechodu na oběhové hospodářství [8].

***Tato příručka souvisí s dalšími příručkami týkajícími se zadávání cirkulárních veřejných zakázek, strategií cirkulárního designu, nízkouhlíkových materiálů a tvorbě materiálových katastrů viz odkazy.***

### 3. Nakládání se stavebním odpadem

Stavebnictví je hospodářským odvětvím, které kvůli vysoké spotřebě přírodních surovin významně zatěžuje životní prostředí. Při stavebních činnostech vzniká obrovské množství odpadu ve fázích výstavby, užívání (renovace, rekonstrukce) a demolice. Stavební odpad je problémem každé evropské země a jeho množství se postupně zvyšuje. Údaje Eurostatu za rok 2020 ukazují, že EU vyprodukovala více než 2,1 miliardy tun odpadu. Z toho 37,5% připadalo na stavebnictví, dále na odpady produkované těžebním a důlním průmyslem (23,4%), vodohospodářské a kanalizační činnosti (10,8%), zpracovatelský průmysl (10,6%) a domácnosti (9,4%); zbytek patřil odpadům pocházejícím z ostatních podnikatelských činností (obr. 2) [9].

Obr. 2 Podíl produkce odpadů podle ekonomických činností v EU (údaje za rok 2020; zdroj: online údaje Eurostatu [9])



Politika EU usiluje o předcházení vzniku odpadu a podporuje opětovné použití výrobků. Pokud to není možné, upřednostňuje se recyklace (včetně kompostování) a následně využití odpadu k výrobě energie. Ukládání odpadů na skládky je jedním z nejlevnějších řešení, ale zároveň nejvíce škodí životnímu prostředí a lidskému zdraví.

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/98/ES [10], o odpadech patří mezi stěžejní právní předpisy upravující nakládání s odpady, včetně stavebních odpadů, v Evropské unii. Holistický přístup založený na analýze celého životního cyklu přispívá k předcházení vzniku odpadů podle hierarchie nakládání s odpady obsažené ve směrnici.

Směrnice [10] upravuje obecné zásady zacházení s odpady, např. nakládání s odpady, včetně nebezpečných odpadů, sběr, přeprava, skladování, odstraňování a předávání, náklady na nakládání s odpady, zpracování odpadů v systémech a zařízeních a podrobná pravidla nakládání s některými druhy odpadů (včetně stavebních a demoličních odpadů). Pokud jde o stavební odpad, směrnice [10] zavazuje vlastníky stavebních objektů např:

- oddělit stavební odpad od ostatního odpadu a třídít, sbírat a vybírat jej selektivně podle druhu odpadu;
- předávat stavební odpad ke zpracování v autorizovaných zařízeních. Zařízení musí zpracovávat odpad způsobem šetrným k životnímu prostředí;
- vypracovat dokumentaci o množství a druhu vzniklého odpadu a způsobu nakládání s ním;
- získat povolení ke skladování stavebního odpadu ve svých prostorách, pokud o to projeví zájem.

#### ZÁKLADNÍ PRÁVNÍ PŘEDPISY UPRAVUJÍCÍ NAKLÁDÁNÍ S ODPADY:

##### Legislativa

**EU:** Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/98/ES ze dne 19. listopadu 2008 o odpadech a o zrušení některých směrnic [10].

**PL:** Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach [11].

**CZ:** Zákon o odpadech. Zákon č. 541/2020 Sb. [12]

**SL:** Uredba o odpadkih (Uradni list RS, št. 37/15, 69/15, 129/20, 44/22 - ZVO-2 in 77/22) [13]

**DE:** Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen Kreislaufwirtschaftsgesetz - KrWG) Vom. 24. Februar 2012 [14]

Existují dva základní zdroje vzniku stavebního odpadu, a to (1) stavební, renovační a demoliční odpad z prací prováděných v domácnostech, se kterým se nakládá jako s komunálním odpadem, a (2) průmyslový odpad.

Stavební, renovační a demoliční odpad se vyznačuje vysokou materiálovou rozmanitostí. Mezi jeho základní složky patří beton, cihly, keramika, přírodní a lakované nebo impregnované dřevo, kov, sklo, plasty, střešní krytina a směsi zeminy, písku a kamene. V souladu s kódy dle Evropského katalogu odpadů (EKO) [15] je SRD odpad zařazen do skupiny 17 - Odpad ze staveb, renovací a demolic (včetně vytěžené zeminy z kontaminovaných míst) stavebních konstrukcí a silniční infrastruktury.

#### KÓDY ODPADŮ JSOU PŘIDĚLOVÁNY NA ZÁKLADĚ NÁSLEDUJÍCÍCH PRÁVNÍCH PŘEDPISŮ:

##### Legislativa

**EU:** Pokyny pro klasifikaci odpadů podle kategorií Evropského katalogu odpadů (EWC-Stat) [15].

**EU:** Rozhodnutí Komise ze dne 18. prosince 2014, kterým se mění rozhodnutí č. 2000/532/ES o seznamu odpadů v souladu se směrnicí Evropského parlamentu a Rady 2008/98/ES [16].

Odpady ze staveb, rekonstrukcí a demolic stavebních objektů a silniční infrastruktury obvykle vznikají u specializovaných stavebních firem, které jsou povinny je využít nebo zneškodnit.

Za sběr a přepravu stavebního, renovačního a demoličního odpadu jsou odpovědní původci/vlastníci odpadu, mezi něž patří soukromé osoby, stavební a renovační firmy a specializované subjekty zabývající se sběrem a přepravou odpadu. Vlastníci odpadů jsou povinni pravidelně vést evidenci o jejich kvalitě a množství podle katalogu odpadů uvedeného v evidenci odpadů.



### 3.1. Hierarchie nakládání se stavebním odpadem

Směrnice 2008/98/ES [10] zavádí postupy pro nakládání s odpady, tedy pravidla a pokyny pro nakládání s odpady, jejichž cílem je minimalizovat negativní dopad odpadů na životní prostředí a lidské zdraví. Řadí postupy nakládání s odpady od těch, které jsou pro životní prostředí nejpříznivější, až po ty, které by měly být minimalizovány. Předcházení vzniku odpadů, jejich opětovné použití a recyklace odpovídají základním pravidlům oběhového hospodářství (obr. 3).

Obr. 3 Hierarchie nakládání se stavebním odpadem (Prevence – Opětovné použití – Recyklace Využití – Odstraňování)



Hierarchie nakládání se stavebním odpadem zahrnuje následující fáze:

#### 1) PREVENCE – PŘEDCHÁZENÍ VZNIKU ODPADŮ



Hlavním cílem je minimalizovat množství stavebního odpadu, např. navrhováním konstrukcí z odolných a praktických stavebních materiálů a optimalizací stavebních procesů.

#### 2) PŘÍPRAVA NA OPĚTOVNÉ POUŽITÍ



Stavební odpad, který lze znovu použít, by měl být roztříděn, obnoven a předán k opětovnému použití.

#### 3) RECYKLACE



Odpad ze stavebních materiálů by měl být recyklován pro výrobu druhotných materiálů a pro snížení zátěže životního prostředí.



#### 4) DALŠÍ PROCESY VYUŽITÍ

Pokud není možná recyklace nebo jiný způsob zpracování, lze energii z odpadu využít spalováním, tj. energetickým využitím.



#### 5) ODSTRANĚNÍ

Pokud nelze použít jiné metody, měl by být odpad zneškodněn (neutralizován) bezpečně pro životní prostředí a lidské zdraví.

### 3.2. Demolice budov

Demolice budov je neodmyslitelnou součástí života každé stavební konstrukce. Demolice může být nutná, pokud je technický stav budovy špatný, její modernizace příliš nákladná nebo nemožná nebo pokud je pozemek určen pro založení nové budovy. Správná demolice stavební konstrukce zajišťuje bezpečnost lidí, ochranu životního prostředí a efektivní využití materiálů.

Podle osvědčených postupů by demolice stavebních konstrukcí měla sestávat z následujících fází:

#### ■ Příprava – kontrola/audit stavby před demolicí

Tato fáze zahrnuje soupis materiálů a prvků budovy, které se stanou odpadem po demolici, plánování dalšího nakládání s nimi a získání všech potřebných povolení a souhlasů.

Předdemoliční kontroly mají za cíl optimalizovat nakládání s demoličním odpadem, včetně stanovení počtu kontejnerů pro konkrétní frakce odpadu, způsobů jejich třídění a prozkoumání možností nakládání s odpadem v oblasti demolice (viz Příručka pro sestavení katastru stavebních materiálů). Plán nakládání s odpady po demolici by měl zahrnovat třídění materiálů na bezpečné a nebezpečné (**bod 3.3.2 Třídění bezpečných a nebezpečných odpadů**), jejich rozdělení na příslušné frakce a určení jejich vhodnosti pro oběhové hospodářství (opětovné použití, využití, recyklace).

V mnoha zemích EU může audit před demolicí provést vlastník nemovitosti, doporučuje se však pomoc externího odborníka. Po provedení auditu se k nabídce přiloží závěrečný dokument pro demoliční firmu, který zohlední kritéria selektivní demolice (tj. jaké prvky by měly být využity a jaké materiály by měly být recyklovány, případně uvede očekávanou míru využití, např. kolik a jakých cihel lze zařadit k opětovnému použití) a kritéria nakládání s materiálem (např. zabránění likvidaci cihel).

Švédsko má více než dvacetileté zkušenosti s nakládáním s odpady po demolici. Významnou roli v tomto odvětví hraje Švédská stavební federace (z angličtiny Swedish Construction Federation). Tato organizace vydala v roce 2007 první pokyny pro nakládání s materiálem po demolici. Od té doby je dokument aktualizován a jeho poslední revize byla zveřejněna v roce 2019 [17].

ÖNORM B3151 [18] je rakouská norma pro demolice stavebních konstrukcí. Důkladně popisuje materiály škodlivé pro zdraví a životní prostředí, které musí být před demolicí ze stavby odstraněny.

Projekt CityLoops [19] je příkladem implementace předpokladů cirkulární ekonomiky neboli oběhového hospodářství. Projekt financovaný EU sdružuje sedm evropských

měst, která usilují o cirkulární přístup. Jeho cílem je uzavřít cykly dvou nejvýznamnějších toků odpadů v Evropě, tj. stavebního a bioodpadu, a maximalizovat uzavřený oběh ve městech. Proces zahrnoval celý řetězec činností, od územního plánování až po selektivní demolice a vytvoření trhu s druhotnými materiály [19].

Klíčové informace o předdemoličních auditech a selektivních demolicích naleznete v následujících evropských příručkách:

- (1) „Příručka pro audit odpadů před demolicemi a rekonstrukcemi budov“ z roku 2018 [20].
- (2) „Stavební a demoliční odpad a materiály. Uživatelská příručka: přehled, pokyny a instrukce“ z roku 2020 [21] - evropská iniciativa Level(s) (viz obr. 1)
- (3) „Stavební odpady – Recyklace a likvidace“ z roku 2023 [22].
- (4) „Zlepšení kvality stavebního a demoličního odpadu – požadavky na předdemoliční audit“ z roku 2019 [23].

#### ■ Plánování a určení oblasti demolice

Izolace okolí budovy má zajistit bezpečnost zaměstnanců a okolí. Oblast by měla být oplocena a chráněna, aby se zabránilo přístupu nepovolaných osob. Podrobný plán demolice by měl obsahovat takové informace, jako je identifikace předmětů, které mají být demolovány, pořadí demolice a použité vybavení. Plán by měl dále specifikovat selektivní třídění odpadu po demolici, jeho zpracování, odstranění a použití bezpečnostních opatření v každém kroku demolice.

#### ■ Demolice

V závislosti na velikosti a stavu budovy a účelu demolice lze proces provést různými metodami. Ruční demolice se vztahuje pouze na budovy, které nejsou značně zanedbané a u nichž může být materiál znovu využit. Tradiční demolice, tj. mechanická demolice pomocí těžké techniky, se používá v případě, že stavba nepředstavuje nebezpečí pro okolí a její stav umožňuje relativně bezpečné odstranění. Řízená demolice je složitější a přesnější. Používá se v případech, kdy se budova nachází v omezeném prostoru, je obklopena jinými budovami nebo infrastrukturou, nebo když je třeba co nejvíce minimalizovat vibrace a prašnost. V takových případech se stavba bourá pomocí výbuchů nebo přesného řezání, které umožní řízený pád budovy. Odstraňování nebezpečných materiálů, např. azbestu, by mělo být prováděno v souladu s platnými předpisy a postupy.

#### ■ Dokončení demolice

Poslední fáze demolice zahrnuje třídění odpadu podle druhu/kódu pro další recyklaci nebo neutralizaci. Veškerý odpad klasifikovaný jako nebezpečný by měl být odpovídajícím způsobem zabezpečen, aby se zabránilo pronikání škodlivých látek do podzemních vod a půdy. Po odstranění odpadu musí být demoliční plocha srovnána a zpevněna.

### 3.3. Nakládání s demoličním odpadem

#### 3.3.1. Třídění odpadu na frakce

Stavební a demoliční odpad představuje nejvýznamnější tok odpadu v Evropské unii. Přestože podstatnou část stavebního a demoličního odpadu lze recyklovat, nedostatek důvěry v kvalitu druhotných produktů z něj získaných představuje hlavní překážku, která brání plnému využití těchto postupů.

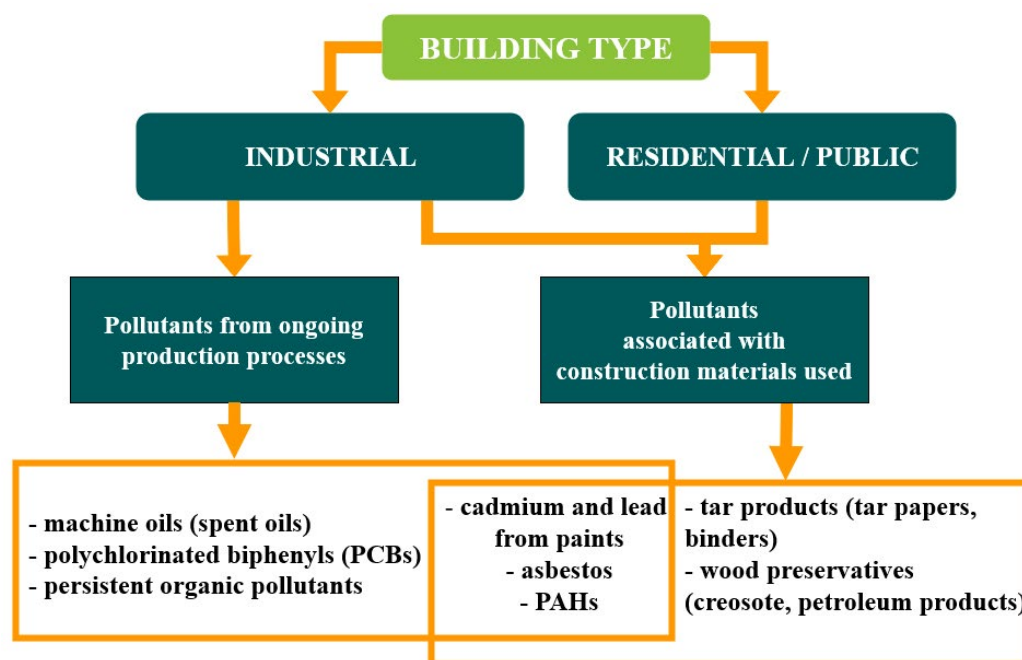
Rámcová směrnice o odpadech zavazuje členské státy k selektivnímu sběru a svozu stavebního a demoličního odpadu rozděleného minimálně na dřevo, kov, sklo, plasty, sádku a minerální odpad včetně betonu, cihel, dlaždic, keramických materiálů a kamene.

Optimalizace uzavřeného oběhu stavebních materiálů vyžaduje včasné odstranění nebezpečných materiálů a třídění/oddělování jednotlivých materiálových frakcí s cílem zajistit nejvyšší úroveň hierarchie nakládání s odpady (opětovné použití, recyklace, využití). První etapa demolice musí být provedena po opuštění objektu jeho posledním uživatelem. Opětovné použití předmětů musí být zajištěno co nejrychleji, aby se zabránilo jejich poškození vlhkostí a vandalským činům. Selektivní demolice může být časově i finančně náročnější než tradiční, ale dochází k úsporám při nakládání s odpady a získanými materiály. Finanční a manažerské modely by měly zohledňovat přerozdělení nákladů a úspor [19].

#### 3.3.2. Třídění bezpečných a nebezpečných odpadů

Kontaminace z použitých stavebních materiálů, které mohou obsahovat nebezpečné látky, se týká obytných a veřejných budov i průmyslových objektů (obr. 4).

Obr. 4 Zdroje kontaminace ve stavebních konstrukcích



Kontaminace stavebních materiálů nebezpečnými látkami souvisejícími s předchozí výrobou nebo provozem je v průmyslových objektech velmi pravděpodobná. Před demolicí by měly být provedeny laboratorní testy k identifikaci nebezpečných látek. Při odstraňování nebezpečného odpadu je třeba dodržovat platné předpisy a pokyny pro jeho demolici.

V budovách, kde se používala průmyslová zařízení, např. výrobní stroje, chladicí zařízení nebo různé průmyslové transformátory, by se měla vyhodnotit přítomnost polychlorovaných bifenylů (PCB) vyskytujících se ve vyjetých olejích.

Azbest patří mezi nejčastější nebezpečné látky pocházející ze stavebních materiálů. Dříve se používal jako střešní krytina (eternit nebo vlnité azbestocementové desky) a izolace topných systémů v místech vyžadujících zvýšenou odolnost proti vysokým teplotám (nátěry a obklady kotlů a potrubí). Kromě toho se ploché azbestocementové desky používaly v lehkých sendvičových příčkách a jako protipožární materiál.

Olovo a kadmium, které jsou obvykle obsaženy v nátěrových hmotách, jsou běžnými chemickými sloučeninami v materiálech po demolici.

Kromě toho byly ve starých konstrukcích často zabudovány izolační bariéry na bázi dehtu a výrobky na ochranu před vlhkostí. Mezi tyto výrobky patřil dehtový papír a dehtová lepidla. Ve vysoce vlhkých místnostech a sklepech se používaly hydrofobní izolace na bázi asfaltových lepidel aplikovaných jako roztoky v organických rozpouštědlech. Dřevo a desky na bázi dřeva byly chráněny vedlejšími produkty biologické koroze na bázi dehtových derivátů, např. kreozeolu a výrobků na bázi oleje [24].

#### VZORKY KONTAMINACE SOUVISEJÍCÍ SE STAVEBNÍMI MATERIÁLY:

**Azbest** – střechy, tepelné izolace (Eternit), nátěry potrubí a kotlů a sendvičové panely.

**Olovo a kadmium** – barvy na bázi olova (LBP)

**Polychlorované bifenylly (PCB)** – přítomné v izolaci, úsporných žárovkách, kondenzátorech a dalších elektrických zařízeních, vakuových čerpadlech, hydraulických pohonech a topných systémech – jako přísady do maziv.

**Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)** – asfalt, dehet, dehtový papír, lepidla, materiály na bázi pryže a šterku.

**Fenoly** – impregnované dřevo, lepenka, železniční pražce, stožáry

**Polychlorované dibenzodioxiny a dibenzofurany (PCDD/PCDF), hexachlorbenzen (HCB) a chlorfluoruhlovodíky ((H)CFC).**

**Perzistentní organické polutanty (POPs) [25]**

Aby bylo možné určit možnost a způsob využití odpadu recyklací, je třeba nejprve určit druh odpadu (inertní, nebezpečný, neinertní a jiný než nebezpečný). Druh odpadu se určuje na základě laboratorních testů s odkazem na kritéria stanovená pro každý druh odpadu uvedená v rozhodnutí Rady EU ze dne 19. prosince 2002, kterým se stanoví kritéria a postupy pro přijímání odpadů na skládky [26].

V souladu s rozhodnutím Rady EU [26] jsou některé odpady považovány za inertní. Jeho základní vlastnosti se vyvíjejí bez zkoušek. Do této skupiny patří následující kódy odpadů:

- 1701 01 Beton
- 1701 02 Cihly
- 1701 03 Obklady a keramika
- 1701 07 Směsi betonu, cihel, dlaždic a keramiky

- 1702 02 Sklo
- 1705 04 Zemina a kamení (kromě orníční vrstvy a rašeliny; kromě zeminy a kamení z kontaminovaných oblastí)

U ostatních frakcí odpadu, tj. dřeva, kovů, plastů, sádry, by měly být provedeny zkoušky za účelem jejich klasifikace jako inertního odpadu v souladu s rozhodnutím Rady EU [26].

Rozsah zkoušek inertního odpadu zahrnuje vyluhování prvků (As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Zn), chloridů, fluoridů a síranů; fenolový index; rozpuštěný organický uhlík (z angličtiny DOC); celkové rozpuštěné látky (z angličtiny TDS) a další parametry, jako je celkový organický uhlík (z angličtiny TOC), těkavé aromatické uhlovodíky (z angličtiny BTEX), minerální oleje (C10 až C40), polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU) a polychlorované bifenyly (PCB).

Rozsah zkoušek pro nebezpečné, neinertní a jiné, než nebezpečné odpady zahrnuje vyluhování prvků (As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se a Zn), chloridů, fluoridů, síranů, rozpuštěného organického uhlíku (z angličtiny DOC) a celkových rozpuštěných pevných látek (z angličtiny TDS). Nebezpečný odpad se navíc testuje na ztrátu žíháním (z angličtiny LOI), celkový organický uhlík (z angličtiny TOC), kyselinovou neutralizační kapacitu (ANC) a pH.

Výše uvedené zkušební metody jsou popsány v normách řady EN 12457-1, -2, -3 Charakterizace odpadů – Vyluhování - Ověřovací zkouška vyluhovatelnosti zrnitých odpadů a kalů [27-29].

Dále je třeba zohlednit požadavky nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2019/1021 ze dne 20. června 2019 o perzistentních organických polutantech (POP) [30], jehož cílem je snížit množství nebezpečných chemických látek v odpadech a výrobních procesech. Odpady složené z látek uvedených v příloze IV nařízení, které tyto látky obsahují nebo jsou jimi kontaminovány, jsou neutralizovány nebo využity v souladu s předpisy Části 1 Přílohy V nařízení, aby bylo zajištěno zničení nebo nevratná přeměna perzistentních organických znečišťujících látek tak, aby zbývající odpady a úniky nenesly žádné vlastnosti POPs.

#### Osvědčené příklady z praxe

Příkladem dobré praxe v oblasti oběhového hospodářství je „certifikát o selektivní demolicí“ vydaný nezávislou neziskovou organizací „Tracimat“ v Belgii [31]. Certifikát se vydává pro dvě kategorie odpadů: s nízkým nebo vysokým rizikem pro životní prostředí, v celém dodavatelském řetězci odpadů. Pokud subjekt zpracovávající odpad nakládá s odpadem klasifikovaným jako odpad s „nízkým environmentálním rizikem“, je tento odpad rozhodně bezpečný. „Materiály s vysokým environmentálním rizikem“ vyžadují důkladnou kontrolu odpadu kvůli přítomnosti nebezpečných látek. Výše uvedená opatření vedou ke zvýšení důvěry v materiály z demolicí.

## 4. Stavební výrobky vs. oběhové hospodářství

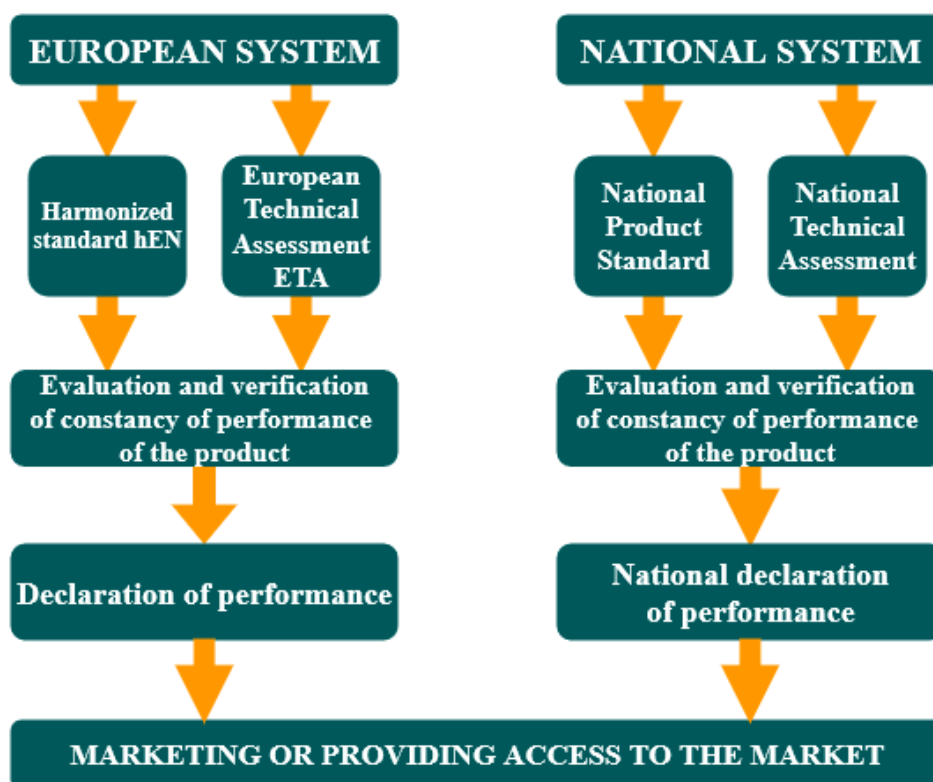
### 4.1. Marketing stavebních výrobků

Členské státy stanovují požadavky na stavební konstrukce a následně na stavební výrobky. Vztahují se nejen na jejich trvanlivost nebo pevnost, ale také na dopady na zdraví, ochranu životního prostředí a další aspekty bezpečného používání. Požadavky jsou obsaženy v nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 305/2011 ze dne 9. března 2011, kterým se stanoví harmonizované podmínky pro uvádění stavebních výrobků na trh a kterým se zrušuje směrnice Rady 89/106/EHS Nařízení o stavebních výrobcích, z angličtiny Construction Products Regulation (CPR) [32]. Dokument stanoví pravidla pro uvádění stavebních výrobků na trh v EU v souladu se speciální harmonizovanou normou (z angličtiny hEN) nebo evropským technickým posouzením (z angličtiny European technical Assessment (ETA)) (obr. 5).

Rychlý  
přehled

Platné předpisy nebrání výrobcům označovat stavební výrobky současně značkou CE a štítkem stavebního výrobku.

Obr. 5 Zjednodušené schéma uvádění stavebního výrobku na trh podle nařízení (EU) č. 305/2011



Podle nařízení o stavebních výrobcích [32] jsou harmonizované normy (hEN) a Evropské dokumenty pro posuzování, z angličtiny European Assessment Documents (EAD) typy technických specifikací určených k posuzování funkčních vlastností stavebních výrobků, které umožňují jejich uvádění na trh v EU. Harmonizované normy určují metody a kritéria posuzování vlastností stavebních výrobků s ohledem na jejich základní charakteristiky.

Autorizovaný orgán pro technické posuzování vypracovává Evropské dokumenty pro posuzování na žádost výrobce, pokud se na výrobek nevztahuje harmonizovaná norma nebo jiný EAD, a obvykle se používá pro nové a inovované výrobky (včetně výrobků obsahujících recykláty). EAD obsahuje obecný popis stavebního výrobku, seznam základních charakteristik nezbytných pro zamýšlené použití výrobku a metody a kritéria pro posouzení vlastností výrobku s ohledem na tyto charakteristiky. Kladné posouzení shody výrobku s požadavky harmonizovaných norem nebo evropských technických posouzení opravňuje k vydání evropského prohlášení o vlastnostech a označení stavebního výrobku značkou CE.

Rychlý přehled

Nařízení o stavebních výrobcích (CPR) [32] zavádí definice následujících pojmů:

- stavební výrobek jako jakýkoli výrobek nebo soubor vyráběný nebo uváděný na trh za účelem trvalého zabudování do stavebních konstrukcí nebo jejich částí, který ovlivňuje vlastnosti stavebních konstrukcí oproti základním požadavkům na ně;
- základní charakteristiky jako vlastnost stavebního výrobku, které se vztahují k základním požadavkům na stavební konstrukce;
- vlastnosti stavebního výrobku jako vlastnost odkazující na příslušné základní charakteristiky vyjádřené jako je úroveň, třída nebo popisně.

Navíc nařízení CPR [32] ukládá povinné prohlášení o vlastnostech (stanovené v souladu s předpisy platnými v zemi, kde je stavební výrobek uváděn na trh), vypracování návodu k použití, příruček a informací o zdravotních a bezpečnostních rizicích, která výrobek představuje při aplikaci a používání. Tyto informace by měly být v souladu s článkem 31 nebo 33 nařízení Evropského parlamentu a Rady EU č. 1907/2006 ze dne 18. prosince 2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek (REACH) [33]; informace se přikládají k prohlášení o vlastnostech. Informace o nebezpečných látkách ve stavebních výrobcích jsou určeny profesionálním uživatelům k zajištění vysoké bezpečnosti a ochrany zdraví.

Legislativa

**KLÍČOVÉ PRÁVNÍ PŘEDPISY TÝKAJÍCÍ SE UVÁDĚNÍ STAVEBNÍCH VÝROBKŮ NA TRH ZAHRNUJÍ NÁSLEDUJÍCÍ:**

**EU:** Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 305/2011 ze dne 9. března 2011, kterým se stanoví harmonizované podmínky pro uvádění stavebních výrobků na trh a zrušuje směrnice Rady 89/106/EHS [32]

**PL:** Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o wyrobach budowlanych [34]

**DE:** Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundesodenschutzund Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung, vom 9. Juli 2021 [35]

**CZ:** Nařízení vlády, kterým se stanoví technické požadavky na vybrané stavební výrobky. Nařízení vlády č. 163/2002 Sb. [36]

**SL:** Zakon o gradbenih proizvodih (ZGPro-1) (Uradni list RS, št. 82/13) [37]



Pokud se na stavební výrobek nevztahuje harmonizovaná norma nebo nebylo vydáno evropské technické posouzení, může být výrobek uveden na domácí trh na základě vnitrostátního technického posouzení nebo neharmonizované domácí normy. Pak je stavební výrobek označen stavební značkou v souladu s vnitrostátními právními předpisy.

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 305/2011 ze dne 9. března 2011 [32] a rozhodnutí Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 768/2008/ES ze dne 9. července 2008 o společném rámci pro uvádění výrobků na trh [38] jsou použitelné ve všech členských státech, pokud jde o posuzování vlastností stavebních výrobků.

#### Rychlý přehled

Cestu stavebních výrobků obsahujících recykláty na trh vždy individuálně analyzuje výrobce a orgán pro technické posuzování s ohledem na národní nebo evropskou cestu.

Referenční dokumenty musí obsahovat informace o obsahu recyklátu (v procentech), jeho původu a fyzikálních vlastnostech.

#### Legislativa

#### VZOROVÉ REFERENČNÍ DOKUMENTY PRO STAVEBNÍ VÝROBKÝ OBSAHUJÍCÍ DRUHOTNÉ SUROVINY:

- EN 1519-1 Plastové potrubní systémy pro odvod zeminy a odpadů (nizkoteplotních a vysokoteplotních) uvnitř stavební konstrukce. Polyethylen (PE). Část 1: Požadavky na trubky, tvarovky a systém [39].
- CEN/TS 14541-2 Trubky a tvarovky z plastů – Využití recyklátů z termoplastů – Část 2: Doporučení pro příslušné vlastnosti [40].
- CEN/TS 14541-2 Plastové trubky a tvarovky – Využití recyklátů z termoplastů – Část 1: Slovník [41]
- EN 197-6 Cement – Část 6: Cement s recyklovanými stavebními materiály [42]
- EN 12620 Kamenivo do betonu [43]
- EAD 170005-00-0305. Recyklované hliněné zdicí prvky, EOTA 2017 [44]
- EAD 010028-00-0103. Sada mělkých a opakovaně použitelných základů pro lehké konstrukce, EOTA 2017 [45].
- EAD 180022-00-0704. Prefabrikované plastové tvarovky z recyklovaných odpadních plastů určené pro odvodnění pozemků a inženýrské stavby, EOTA 2018 [46]

## 4.2. Environmentální požadavky na stavební výrobky

### 4.2.1. Prohlášení k zátěži životního prostředí

Základní požadavek č. 7 nařízení o stavebních výrobcích CPR [32] Udržitelné využívání přírodních zdrojů odkazuje na základní principy oběhového hospodářství, které předpokládají, že stavební konstrukce budou navrhovány, vyráběny a demolovány způsobem zajišťujícím udržitelné využívání přírodních zdrojů, včetně:

- opětovného použití nebo recyklace stavebních konstrukcí a jejich konstrukčních materiálů a částí po demolici,
- trvanlivost stavebních konstrukcí,
- používání ekologicky šetrných surovin a druhotných materiálů ve stavebních konstrukcích.

Úkoly jsou zásadní pro cíle udržitelného rozvoje EU (**viz bod 1**), oběhové hospodářství, současné potřeby a poskytování evropských strategií, např. zmírňování změny klimatu a přizpůsobování se této změně, a analýza životního cyklu stavebních konstrukcí a jejich konstrukčních materiálů.

Uplatňování zásad udržitelného rozvoje na trhu stavebních výrobků, technologií a konstrukcí vyžaduje podporu vhodně rozšířeného systému technických norem a specifikací. Práce na změně a doplnění stávajících specifikací a na vývoji nových dokumentů v uvedené oblasti byly svěřeny Evropskému výboru pro normalizaci (z angličtiny European Committee for Normalization (CEN)). V rámci CEN byl zřízen technický výbor CEN/TC 350 - Udržitelnost staveb. Výbor je zodpovědný za vývoj horizontálních evropských norem, které se používají jako základ pro posuzování souladu stavebních konstrukcí se zásadami udržitelného rozvoje v následujících oblastech:

- hodnocení environmentální účinnosti: zásady uzavřené smyčky ve stavebnictví, energetická účinnost a dekarbonizace, udržitelné využívání zdrojů (např. minimalizace odpadu), ochrana životního prostředí a biologická rozmanitost;
- hodnocení sociálních výsledků: zdraví, pohodlí, bezpečnost a ochrana, schopnost přizpůsobení a dostupnost v reakci na potřeby uživatelů;
- hodnocení ekonomických výsledků: náklady na celý životní cyklus stavebních výrobků a jejich dopad na ekonomickou hodnotu, zavádění norem v reakci na trendy digitalizace (např. BIM, CAD).

Výše uvedené výbory CEN pracují na standardizaci oběhového hospodářství v oblasti stavebnictví. Směrnice a požadavky mají podpořit přechod od lineárního k oběhovému hospodářství tím, že předkládají nástroje a postupy zahrnující scénáře od projektování až po demolici. Taková řešení a informace o environmentálních vlastnostech poskytují environmentální prohlášení stavebních výrobků (**viz Příručka Cirkulární design budov: strategie a nástroje**), včetně například:

- prohlášení typu I – dobrovolné programy značení (certifikace), které obsahují více-kriteriální posouzení vlivu výrobku na životní prostředí;
- prohlášení typu II – vypracované podle normy EN 14021 [47], jsou individuální environmentální prohlášení, která odlišují výrobek díky jeho environmentálně udržitelným vlastnostem;
- prohlášení typu III (EPD - Environmental Product Declaration) - soubor kvantifikovaných údajů o dopadu výrobku na životní prostředí, vyjádřený číselně podle normy EN 15804 [48], ve vztahu k celému životnímu cyklu výrobku, tj. „od kolébky až po hrob“.

Prohlášení EPD obsahují kvantitativní environmentální informace o stavebních výrobcích na základě analýzy jejich životního cyklu. Environmentální prohlášení o výrobcích mají poskytnout základ pro hodnocení stavebních výrobků a umožnit porovnání a identifikaci těch, které mají menší dopad na životní prostředí. Environmentální prohlášení o produktech jsou součástí posuzování vlivu staveb na životní prostředí podle normy EN 15978 [49].

#### 4.2.2. Uvolňování nebezpečných látek ze stavebních výrobků

##### Rychlý přehled

Při posuzování vlastností stavebních výrobků by se měly zohlednit aspekty ochrany zdraví a životního prostředí související s používáním výrobků během jejich životního cyklu.

Uvolňování a obsah nebezpečných látek v souvislosti s určeným použitím patří mezi klíčové vlastnosti výrobků, které určují jejich dopady na zdraví a životní prostředí. Klíčové jsou v této oblasti požadavky nařízení o stavebních výrobcích CPR [32], nařízení REACH [33] a nařízení EU 2019/1021 o perzistentních organických znečišťujících látkách [30]. Kromě toho je třeba vzít v úvahu požadavky na jednotlivé skupiny výrobků platné v zemích, kde bude výrobek používán a uváděn na trh.

Základní požadavek č. 3 Hygiena, zdraví a životní prostředí [32] v nařízení CPR definuje nebezpečné látky, které se mohou uvolňovat ze stavebního výrobku. V souladu s tímto požadavkem musí být stavební konstrukce navrženy a provedeny tak, aby jejich výstavba, užívání a demolice nepředstavovaly – po celou dobu jejich životního cyklu – žádné nebezpečí pro hygienu, zdraví nebo bezpečnost zaměstnanců, obyvatel nebo sousedů a aby po celou dobu životního cyklu neměly nadměrný vliv na životní prostředí nebo klima, zejména v důsledku následujících skutečností:

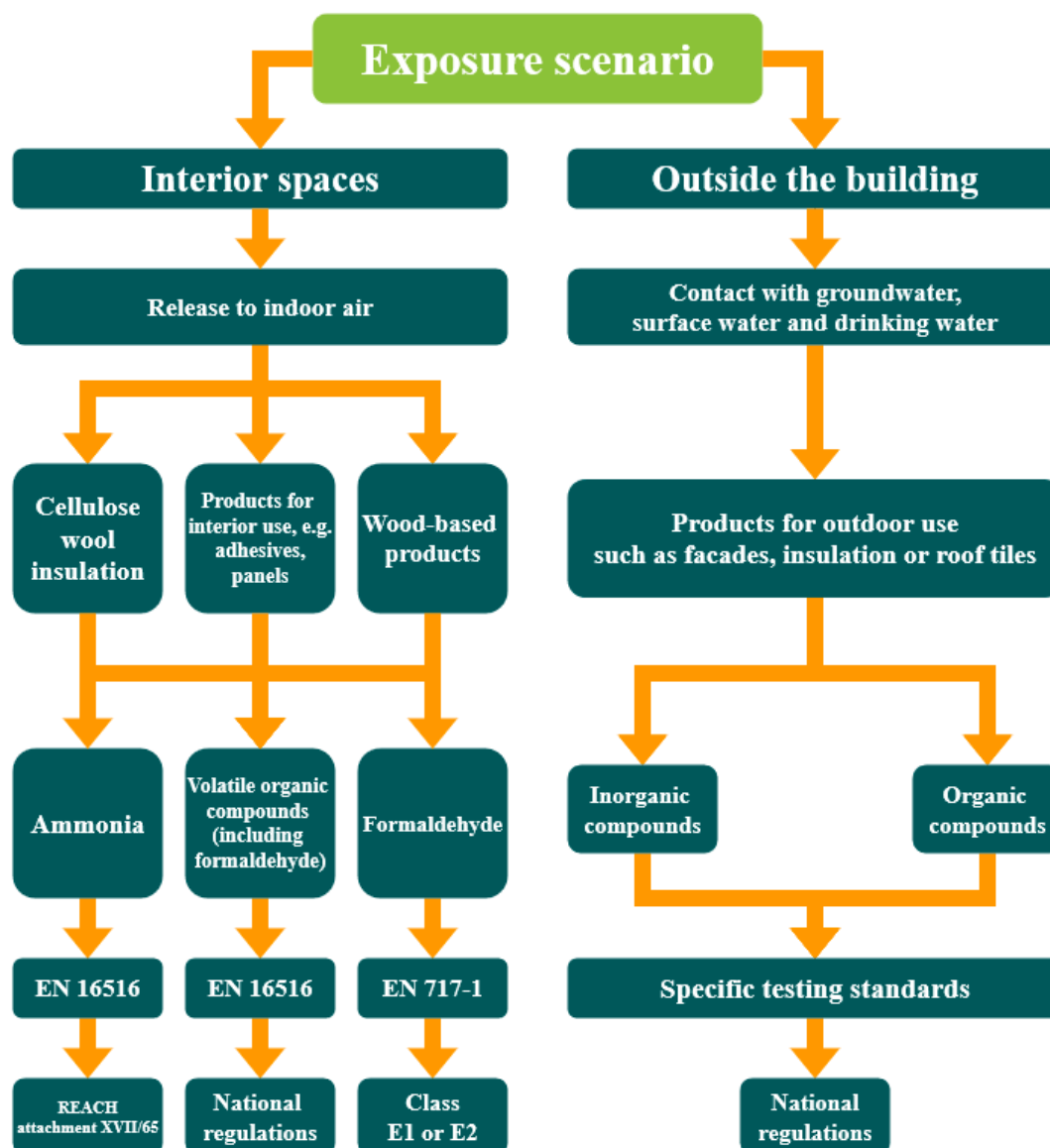
- A. uvolňování toxických plynů;
- B. emise nebezpečných látek, těkavých organických sloučenin, skleníkových plynů nebo nebezpečných částic do ovzduší nebo ze stavby;
- C. emise nebezpečného záření;
- D. únik nebezpečných látek do podzemních vod, mořských vod, povrchových vod nebo půdy;
- E. únik nebezpečných látek nebo látek do pitné vody, které jiným způsobem negativně ovlivňují pitnou vodu;
- F. nedostatečné vypouštění odpadních vod, emise spalin nebo nedostatečné odstraňování pevných a kapalných odpadů;
- G. vlhkost v částech stavebních konstrukcí na povrchu uvnitř konstrukcí.

Technická komise CEN/TC 351 Stavební výrobky – Posuzování uvolňování nebezpečných látek vypracovává horizontální zkušební metody, které jsou postupně zaváděny do norem pro stavební výrobky a které se týkají uvolňování (a/nebo obsahu) nebezpečných látek, včetně předpokládaných podmínek použití výrobků.

##### Rychlý přehled

Zkoušky nebezpečných látek uvolňovaných z výrobků by měly zohledňovat příslušné scénáře expozice (obr. 6) a zahrnovat laboratorní zkoušky. Existují dva základní scénáře expozice: uvolňování nebezpečných látek do vnitřního ovzduší (1) a do podzemních vod, mořských vod, povrchových vod a/nebo půdy.

Obr. 6 Expoziční scénáře pro uvolňování nebezpečných látek ze stavebních výrobků.



### SCÉNÁŘ EXPOZICE: EMISE NEBEZPEČNÝCH LÁTEK DO VNITŘNÍHO OVZDUŠÍ

Výrobky, které používají organické chemické sloučeniny, jako jsou rozpouštědla, bitumeny a polymery, podléhají posouzení. Keramické, skleněné a kovové výrobky jsou z testování vyloučeny.

Emise těkavých organických sloučenin a těkavých aldehydů ze stavebních výrobků často způsobují znečištění ovzduší uvnitř budov. Proto se doporučuje posuzovat uvolňování nebezpečných látek podle normy EN 16516:2017 [50] pro stavební výrobky používané v interiéru. Zkoušky se vztahují na emise těkavých organických sloučenin a těkavých aldehydů do vnitřního ovzduší. Cílem je posoudit uvolňování látek během zamýšleného použití výrobku. Vzorky vzduchu z emisní komory se odebírají třetí a dvacátý osmý den po umístění výrobku do komory a analyzují se chromatografickými metodami.

#### Rychlý přehled

Vzhledem k neexistenci harmonizovaných požadavků a klasifikace emisí těkavých organických sloučenin do vnitřního ovzduší se výsledky zkoušek posuzují na základě vnitrostátních požadavků.

Pro stavební výrobky ze dřeva a na bázi dřeva, jako jsou dřevěné HPL/obkladové panely, součásti zavěšených stropů, dřevěné desky, dřevěné podlahy, pružné, textilní a laminátové podlahy, zavádějí harmonizované normy povinnost zkoušet emise formaldehydu podle normy EN 717-1:2006 [51]. Cílem zkoušky je vyhodnotit uvolňování formaldehydu do vnitřního ovzduší během zamýšleného použití výrobku. Výsledek zkoušky se vztahuje k příslušné emisní třídě, tj. buď E1, nebo E2.

### SCÉNÁŘ EXPOZICE: UVOLŇOVÁNÍ NEBEZPEČNÝCH LÁTEK DO PODZEMNÍCH VOD, MOŘSKÝCH VOD, POVRCHOVÝCH VOD NEBO PŮDY

Nebezpečné látky uvolňované ze stavebních výrobků při styku s vodou představují při používání výrobku potenciální nebezpečí pro životní prostředí. Za účelem vyhodnocení vlivu stavebních výrobků používaných mimo budovy na životní prostředí se doporučuje testovat uvolňování nebezpečných látek do povrchových vod a půdy na základě metod obsažených v technických zprávách CEN/TS 16637-1:2018 [52] a CEN/TS 16637-2:2014 [53]. V průběhu zkoušky se zjišťují charakteristiky procesu a mechanismu vyluhování spolu s možností vyhodnotit uvolňování látek během zamýšleného použití výrobku. Zkouška se vztahuje na homogenní [52] a porézní [53] materiály.

Expoziční povrch monolitických a stabilních materiálů, jejichž matrice je nerozpustná ve vodě, je zcela pokryt vyluhovací kapalinou. Nastavený objem vyluhovací kapaliny se napustí do nádoby; objem musí odpovídat povrchovému koeficientu stanovenému v normě CEN/TS 16637-2:2014 [53]. V porézních materiálech se látky uvolňují difuzí. Výrobky se mírně stlačí a umístí do válcové nádoby. K působení vyluhovací kapaliny dochází pouze přes horní vrstvu. Vyluhovací kapalina se u všech typů materiálů vyměňuje podle harmonogramu uvedeného ve výše uvedených technických zprávách.

Kromě toho existují standardní metody pro konkrétní skupiny výrobků. Jsou určeny pro testování uvolňování nebezpečných látek do životního prostředí. Dobrým příkladem je norma EN 1744-3 Zkoušení chemických vlastností kameniva – Část 3: Příprava výluhů vyluhováním kameniva [54]. Norma určuje způsob přípravy výluhů pro další fyzikální a chemické zkoušky. Další fáze zahrnuje důkladné zkoušení nebezpečných látek podle vnitrostátních předpisů.

Výsledkem testu je získání eluátu(výluhu), u kterého lze vyhodnotit následující vlastnosti:

- **anorganické látky:**

**CEN/TS 17195:2019** Stavební výrobky: Posuzování uvolňování nebezpečných látek – Analýza anorganických látek v eluátech [55]

**CEN/TS 17197:2018+AC:2018** Stavební výrobky: Posuzování uvolňování nebezpečných látek – Analýza anorganických látek v digestátech a eluátech - Analýza pomocí indukčně vázaného plazmatu – optická emisní spektrometrie (ICP-OES) [56]

**CEN/TS 17200:2018+AC:2018** Stavební výrobky: Posuzování uvolňování nebezpečných látek – Analýza anorganických látek v digestátech a eluátech - Analýza pomocí indukčně vázaného plazmatu – hmotnostní spektrometrie (ICP-MS) [57]

- **organické látky:**

**CEN/TS 17332:2019** Stavební výrobky: Posuzování uvolňování nebezpečných látek - Analýza organických látek v eluátech [58]

S ohledem na neexistenci harmonizovaných požadavků nebo klasifikace týkající se uvolňování nebezpečných látek do podzemních vod, mořských vod, povrchových vod nebo půdy se výsledky posuzují na základě vnitrostátních požadavků.

## HODNOCENÍ VÝROBKŮ NA ZÁKLADĚ CHEMICKÉHO SLOŽENÍ A/NEBO PŮVODU SUROVIN

Za účelem vyhodnocení obsahu a uvolňování nebezpečných látek z cirkulárních výrobků se vždy individuálně posuzuje chemické složení a původ surovin, z nichž jsou výrobky vyrobeny. Za tímto účelem je třeba vycházet z evropských a vnitrostátních požadavků na složky druhotných materiálů. Níže jsou uvedeny některé příklady.

Posouzení radioaktivity se vztahuje na stavební výrobky, které obsahují radioaktivní složky uvedené ve směrnici Rady 2013/59/EURATOM ze dne 5. prosince 2013, kterou se stanoví základní bezpečnostní standardy na ochranu před riziky vyplývajícími z expozice ionizujícímu záření a kterou se zrušují směrnice 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom a 2003/122/Euratom [59].

### PRÁVNÍ PŘEDPISY TÝKAJÍCÍ SE HODNOCENÍ RADIOAKTIVITY:

**EU:** Směrnice Rady 2013/59/EURATOM ze dne 5. prosince 2013, kterou se stanoví základní bezpečnostní standardy ochrany před riziky vyplývajícími z expozice ionizujícímu záření a zrušují směrnice 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom a 2003/122/Euratom.

Přítomnost perzistentních organických znečišťujících látek, které se hromadí v životním prostředí, znemožňuje opětovné použití a recyklaci výrobků SDO. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2019/1021 ze dne 20. června 2019 o perzistentních organických polutantech (POP) [30] omezuje používání toxických chemických látek v recyklovaných materiálech. Nařízení zakazuje používat např. stavební odpad, jako je beton, cihly, panely a keramika, obsahující nepřijatelné množství sloučenin uvedených v Příloze V dokumentu [30].

Nařízení REACH [33] se vztahuje také na posuzování nebezpečných látek ve stavebních výrobcích. Příloha XVII nařízení obsahuje požadavky na konkrétní chemické sloučeniny. Bod 23 přílohy XVII nařízení REACH [33] týkající se kadmia je dobrým příkladem pro oběhové hospodářství. Stanoví, že směsi a výrobky z plastů nesmí být uváděny na trh, pokud koncentrace kadmia (vyjádřená jako kovové kadmium) činí 0,01% hmotnosti plastu nebo je vyšší. V případě směsí vyrobených z odpadního PVC, dále jen „regenerované PVC“, mohou být výrobky a směsi obsahující regenerované PVC uváděny na trh, pokud koncentrace kadmia (vyjádřená jako kovové kadmium) nepřesahuje 0,1% hmotnosti plastu. Kromě toho musí dodavatelé před prvním uvedením směsí a výrobků obsahujících regenerované PVC na trh tyto výrobky a směsi viditelně, čitelně a trvanlivě označit následujícím způsobem: „Obsahuje regenerované PVC“ nebo příslušným piktogramem.

### 4.3. Technické požadavky na stavební výrobky

Základní požadavky nařízení o stavebních výrobcích CPR [32] zahrnují technické požadavky na výrobky bez ohledu na to, zda jsou vyráběny podle zásad lineárního nebo cirkulárního hospodářství, které jsou však zásadní pro splnění zamýšleného použití a funkce výrobků. Patří mezi ně:

- nosnost a stabilita,
- požární bezpečnost,
- bezpečnost používání a přístupnost konstrukcí
- ochrana proti hluku,
- úspora energie a tepelná izolace

**Rychlý přehled**

Stavební výrobky, při jejichž výrobě se nepoužívají primární suroviny nebo se vyžaduje jejich výrazně snížené množství, musí splňovat stejné technické požadavky jako výrobky vyrobené v souladu se zásadami lineárního hospodářství.

Pokud je zamýšleno druhotné zpracování stavebních výrobků, je třeba zvážit, zda jejich využití bude přínosné z hlediska životního prostředí a ekonomiky. Jinými slovy, zda zlepšuje nebo zhoršuje vlastnosti výrobku (upcycling nebo downcycling). Kvalitní sekundární stavební výrobky, jejichž parametry nejsou horší než u primárních výrobků, které jsou bezpečné pro použití a šetrné k životnímu prostředí, zaručí zvýšenou důvěru společnosti v recyklované výrobky.

Určení typu výrobku v kontextu požadavků CPR [32] je pro sekundární stavební výrobky zásadní. To znamená, že výrobek by měl být homogenní a vyrobený z opakující se kombinace surovin se stejnými vlastnostmi. Proto by měly být fyzikální vlastnosti recyklátů potvrzeny na základě aktuální kontroly výroby. Užitečné jsou normy pro recykláty, které určují jejich technické vlastnosti. Totéž platí pro opakovaně použitelné stavební výrobky.

**Rychlý přehled**

V současné fázi legislativních prací neexistují žádné standardní požadavky na opětovné použití stavebních výrobků.

Příklady norem pro plasty obsahující recykláty:

- EN 15347:2008 Plasty – Recyklované plasty - Charakterizace plastových odpadů [60]
- EN 15343:2010 Plasty - Recyklované plasty - Sledovatelnost recyklace plastů a posuzování shody a recyklovaného obsahu [61].
- EN 15342:2008 Plasty - Recyklované plasty - Charakterizace recyklátů polystyrenu (PS) [62].
- EN 15344:2021 Plasty - Recyklované plasty - Charakterizace polyethylenových (PE) recyklátů [63]

Další výzvou z hlediska technických požadavků jsou inovace umožňující recyklaci nebo opětovné použití druhotných materiálů. Příklady takových řešení jsou popsány v následující kapitole (**kapitola 5**).

## 5. Opětovné využití stavebního, renovačního a demoličního odpadu (SRD) - případová studie

Tato kapitola představuje možnosti opětovného využití nebo recyklace vybraných stavebních materiálů po demolici. U každé položky jsou navíc uvedena související omezení.

### 5.1. Konstrukční dřevo

Konstrukční dřevo se používá ve stavebnictví a konstrukcích pro rámy, lešení, nosníky, sloupy, nosné stěny a další konstrukční prvky.

Odpadní stavební a demoliční dřevo (např. použité palety, podlahová prkna, dveře nebo stoly) je drceno průmyslovými stroji. Rozdrcené dřevo lze dále chemicky nebo mechanicky zpracovat, aby se odstranily další nečistoty a připravilo se k dalšímu zpracování. Takto vyrobené suroviny lze recyklovat a použít k výrobě nových dřevěných výrobků, např. dřevovláknitých nebo dřevotřískových desek. Část dřeva se jako biomasa posílá do kogeneračních a elektrárenských zařízení a dále se zpracovává na brikety nebo pelety (palivo). Část odpadního dřeva lze použít k výrobě různých kompozitních materiálů, ale velká část zbývajících dřeva se přemění na kompost. Dřevo se také používá k výrobě tepelně izolačních výrobků pro budovy, jako jsou průmyslově vyráběná dřevitá vlna [64] nebo výrobky z dřevních vláken [65]. Informace o požadavcích na desky na bázi dřeva využívající recyklovaný obsah lze nalézt na stránce Evropské federace výrobců desek na bázi dřeva [66]. Jedná se především o požadavky na chemické složení dřevního odpadu.

Je třeba si uvědomit, že ne všechny druhy dřeva jsou vhodné k recyklaci. Konstrukční dřevo může být kontaminováno v závislosti na jeho použití a historii používání. Konstrukční dřevo se často natírá nebo lakuje, aby se ochránil a zachoval jeho estetický vzhled. Kromě toho je dřevo jako přírodní materiál náchylné k poškození hmyzem, plísněmi a vlhkostí, takže pravidelná údržba by ho měla chránit před nebezpečím (např. impregnačními prostředky). Takové ošetření často dřevo diskvalifikuje nebo snižuje jeho potenciál pro opětovné použití. Barvy, laky a impregnační prostředky mohou obsahovat chemické látky, které jsou buď toxické, nebo se obtížně likvidují. Kovové předměty, např. hřebíky, šrouby a kování zabudované do konstrukčního dřeva, mohou způsobit kontaminaci těžkými kovy nebo jinými sloučeninami. Při stavbě budov je dřevo spojováno lepidly nebo tmely s jinými konstrukčními prvky. Některé složky lepidel nebo tmelů mohou obsahovat chemické látky škodlivé pro životní prostředí.

Vzhledem ke své povaze může být dřevo znečištěno přírodními látkami, jako jsou pryskyřice, oleje nebo jiné organické látky. Jakmile je dřevo vystaveno vlhkosti, může se stát prostředím pro mikroorganismy a plísně, což ovlivňuje jeho trvanlivost a stav.

Všechny kontaminující látky mohou představovat problém pro recyklaci dřeva. Před přijetím jakýchkoli recyklačních opatření je třeba kontaminanty pečlivě prozkoumat a posoudit jejich druh, aby bylo možné zvolit vhodné metody zpracování a čištění dřeva. Pokud je to možné, měly by být tyto látky odstraněny, aby se zajistilo lepší zpracování dřeva. Účinná recyklace dřeva napadeného škůdci nebo příliš poškozeného dřeva může být obtížná nebo dokonce nemožná.



## 5.2. Ocel, výztužná ocel, železobetonové kompozity

Ocelí se rozumí slitina železa s malým množstvím uhlíku (obvykle od 0,02% do 2,1%) a dalšími přísadami slitiny, která je podrobena plastickému zpracování. Výztužná ocel označuje tyče nebo dráty z oceli s velmi vysokou pevností v tahu. Kompozitní výztužný beton, známý také jako železobeton, se běžně používá ve stavebnictví tam, kde se vyžaduje pevnost a trvanlivost. Skládají se ze dvou hlavních složek: betonu a výztužné oceli. Kombinací dvou materiálů se nejlépe využijí jejich synergické vlastnosti a dosáhne se pevnosti, únosnosti a trvanlivosti vyšší než u každého materiálu zvlášť.

Ocelový šrot je druhotný materiál získaný recyklací oceli a kovů. Ačkoli by termín „šrot“ mohl naznačovat, že se jedná o odpad, ve skutečnosti jde o cennou surovinu používanou při výrobě oceli. Skládá se z kovového odpadu, který se shromažďuje, zpracovává nebo přeměňuje (taví) na nové výrobky nebo suroviny. Kovový šrot zahrnuje konstrukční prvky z demolic a mechanicky poškozené ocelové konstrukce, které zkorodovaly nebo nejsou vhodné pro další bezpečné použití. Ocelový šrot je důležitý z environmentálního a ekonomického hlediska, protože jeho recyklace pomáhá snižovat poptávku po primární výrobě a těžbě kovů, což vede ke snížení spotřeby energie a přírodních zdrojů [67].

Recyklace ocelového šrotu spočívá v jeho tavení v průmyslových pecích a následném odlévání do forem pro výrobu nových ocelových výrobků. Výroba oceli zahrnuje různé metody a procesy, které přeměňují suroviny na bázi železa a uhlíku na výrobky se specifickými mechanickými a chemickými vlastnostmi.

Při tradičním vysokopečním procesu se železná ruda a koks (suroviny na bázi železa) vkládají do obrovské pece. Vysoká teplota a redukční proces pomáhají oddělit železo od ostatních složek. Takto vyrobené surové železo se pak zpracovává na ocel. V procesu kyslíkového konvertoru (BOF – Basic Oxygen Furnace) jsou železné suroviny a přísady slitin podrobeny kyslíkové reakci v konvertoru, která vede k odstranění přebytečného uhlíku a dalších nečistot. Metoda vysoké pece a základní kyslíkové pece (BF-BOF) může využívat až 30% recyklované oceli.

Náplň v elektrických obloukových pecích (EOP) se zahřívá a dosahuje teploty několika tisíc stupňů Celsia, což umožňuje tavení ocelových surovin nebo šrotu. Metoda výroby oceli v elektrických obloukových pecích (EOP) může používat pouze recyklovanou ocel. Výroba oceli na bázi elektrické energie využívá elektrickou energii k roztavení náloží až 100 % kovového šrotu k výrobě nových ocelových výrobků [68].

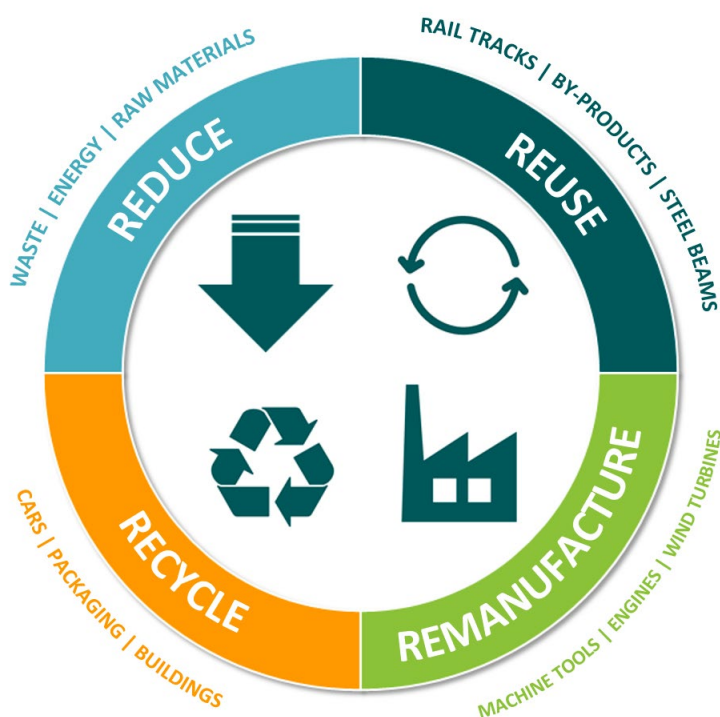
### Rychlý přehled

Ocel je materiál, který dokonale odpovídá předpokladům udržitelné výstavby. Obecně platí, že vlastnosti oceli se nemění bez ohledu na počet recyklačních cyklů [69].

Ocel určená k recyklaci by měla být pečlivě vybírána, tj. neměla by obsahovat sklo, plast, papír a hliníkové komponenty. Díky magnetickému třídění je také relativně snadno recyklovatelná. Vyšší míra znečištění kovového šrotu negativně ovlivňuje metalurgické procesy, a tudíž vytváří více metalurgického odpadu, což následně zvyšuje náklady na výrobu oceli. Bez ohledu na míru využití vznikají při recyklaci ocelových předmětů vedlejší produkty, např. minerální sloučeniny, jako je ocelářský štěrk nebo štěrk ze slévárenských pecí. Tyto produkty lze využít pro stavbu silnic, obohacování půdy a výrobu průmyslových surovin.

Ocelové konstrukce jsou šetrnější k životnímu prostředí než železobetonové konstrukce. Procento využití ocelového šrotu (šrotu neželezných kovů) je poměrně vysoké, protože ocel patří mezi celosvětově nejčastěji recyklované materiály. Podle různých zdrojů a statistik [69] se využití ocelového šrotu v některých zemích pohybuje od 70% do více než 90% [70]. Míra využití železobetonu může být nižší než u samotné oceli, protože recyklace betonu vyžaduje složitější procesy.

Obr. 7 Ocel v oběhovém hospodářství (podle [71])



### 5.3. Sklo

Konstrukčním sklem se rozumí různé druhy skla navržené a zpracované tak, aby splňovaly specifické konstrukční, estetické a funkční požadavky. Nejoblíbenějšími typy konstrukčního skla jsou sodno-vápenato-draselno-křemičité sklo. Ve stavebnictví se používá ploché sklo, jako je plavené sklo (sodno-vápenaté), kalené, vrstvené, izolační, reflexní a zvukově izolační sklo. Plavené sklo se vyrábí tavením oxidu křemičitého, sody a vápna. Vyznačuje se dobrou průhledností a hladkým povrchem. Mezi jeho typické aplikace patří okna, dveře, fasády, zrcadla atd.

Výroba skleněných vláken je příkladem speciální aplikace skla. Vlákná se vyrábějí natahováním nebo prodlužováním roztaveného skla za vzniku vláken. Poté lze vlákna kombinovat a fixovat s pryskyřicemi, čímž vzniká mimořádně odolný a lehký materiál s mnoha možnostmi využití. Skleněná vlákna lze přidávat do betonu, aby se zvýšila jeho pevnost v tahu a odolnost proti praskání; lze je také použít v prefabrikovaných stavebních prvcích, např. příčkách, podlahových panelech, schodištích nebo fasádních prvcích, nebo je přidávat do podlahového betonu. Skleněná vlákna se používají k výrobě kompozitních výztužných tyčí, které jsou ekologickou alternativou výztužných ocelových tyčí.

Skleněný prášek, známý také jako skelná moučka, je mletý prášek získaný rozbitím skla na jemné částice. Používá se jako přísada do cementu a betonu jako náhrada jemného kameniva (prachové frakce) nebo jako složka pojiva v závislosti na reaktivitě skleněného práš-

ku. Takové sklo nevyžaduje barevnou segregaci a s největší pravděpodobností může být použito i při mírném znečištění malty nebo betonu. Optimální přidané množství skleněného prášku může být až několik desítek procent cementové hmoty – nad tuto hodnotu se vlastnosti betonu postupně zhoršují proti kontrolnímu betonu. Hodnota se liší v závislosti na druhu odpadu a stupni jeho rozdrčení. Mnoho studií popisuje použití skla jako jemného kameniva do betonu. Je třeba zdůraznit, že pokusy o použití skleněného kameniva nebo skleněného prášku v betonu nebo cementu v poslední době přesáhly laboratorní fázi.

Sklo lze recyklovat bez ztráty kvality, teoreticky až ze 100%, pokud je výběr materiálu přísný. Sklo určené k recyklaci musí mít jednotné složení a nesmí obsahovat nečistoty, jako jsou kovy, plasty nebo dřevo. Kontaminanty mohou negativně ovlivnit kvalitu zpracovaného skla a lze je těžko odstranit. V praxi je sklo často kontaminováno a oddělování jeho vrstev (u vrstveného skla nebo skleněných kompozitů) bývá neekonomické, takže skutečná míra recyklace je nízká. Někdy lze znovu použít celé skleněné tabule, ale obvykle se získávají skleněné střepy.

Bohužel i drobné rozdíly v obalu a strukturálním složení skla znamenají, že sklo nelze míchat, protože takový stav ovlivňuje pevnost a bezpečnost konečných výrobků. Proto mohou sklárny vyrábějící ploché sklo používat pouze střepy z vhodně vytríděného plochého skla. Požadavky na plavené sklo jsou vyšší než na obalové sklo. Střepy z recyklace, přestože jsou vyčištěné, nejsou ideální surovinou, takže nakládání s nimi představuje největší problém. Testy skla obsahujícího 30% a 60% recyklované plavené skleněné drti prokázaly, že ji lze bezpečně použít pro komerční tavení skla [72].

Skleněné střepy lze použít jako surovinu pro výrobu skleněných vláken, včetně výztuže do betonu. Mezi aplikace skleněných vláken patří rozptýlená výztuž betonu nebo polymerní a skleněné kompozity odolné vůči korozi a chemikáliím.

V roce 2017 vypracovali vedoucí představitelé evropského sklářského průmyslu dokument ECN-E-17-010 [73] o kritériích pro podávání žádostí o End-of-Waste statusu, např. pro ploché sklo. Bylo zjištěno, že tento status pro skleněné střepy z demolice by zvýšil rozsah recyklace, protože by s ním nebylo spojeno tolik administrativních formalit.

Celkové množství skleněného odpadu z renovací a demolic budov v roce 2013 činilo v EU 1,5 milionu tun; 58% z něj pocházelo z oblasti bydlení a 42% ze služeb. Jedná se pouze o odhadované údaje [72].

#### Rychlý přehled

V současné době naráží úplná recyklace skla na významný problém: účinnou selektivní demolici budov a odpovídající třídění/úpravu skla. Střepy z demolice budov se mísí se sutí, PVC fóliemi nebo kovovými odštěpkami a všechny kontaminanty se nepodaří odstranit ani specializovaným recyklačním firmám. Pro vysoce kvalitní skleněnou drť existuje spousta aplikací a nakládání s čistým skleněným odpadem není problém.

Recyklace vrstveného skla způsobuje problémy, protože je složitější než recyklace jednovrstvého skla, vzhledem k tomu, že vrstvené sklo se skládá ze dvou nebo více skleněných vrstev spojených polymerní fólií. Taková struktura ztěžuje použití tradičních metod recyklace skla, které zahrnují tavení a zpracování na nové výrobky. Přesto některé metody a technologie umožňují zpětné získávání složek vrstveného skla a jejich využití v průmyslových procesech. Vzhledem k rostoucímu zájmu o udržitelné nakládání se surovinami lze očekávat, že vznik nových technologií a metod usnadní účinnější recyklaci vrstveného skla.

Konstrukční sklo musí být vzhledem ke svým vlastnostem a povaze co nejdříve během renovace/demolice budovy (před vstupem těžké techniky na stavenišť) separováno odstraněním a ochranou oken/stropů/dlaždic. Sklo se třídí podle barev a typů nebo jako průhledné a tónované; nátěry, kovy a vrstvy fólie by měly být odstraněny v počátečních fázích recyklace a poté se sklo obohatí. Sklárny jej používají jako surovinu, dekorační materiál (dracené sklo) a při výrobě izolačních materiálů (skelná vata, tkanina ze skleněných vláken).

## 5.4. Plasty

Polyvinylchlorid, který se používá na obklady, podlahy, okenní profily, okenice, trubky a kabely, je nejoblíbenějším typem plastu používaným ve stavebnictví. Dalším polymerem oblíbeným ve stavebnictví je polystyren (PS), obvykle ve formě expandovaného polystyrenu (EPS) a extrudovaného polystyrenu (XPS). Z polystyrenu se vyrábějí pěnové desky XPS (běžně známé jako polystyrenové desky). Polyuretan (PU) je díky svým tepelně izolačním vlastnostem dokonalým izolačním materiálem. V zásadě se tyto materiály používají ve stavebnictví jako izolační panely na obvodových stěnách, stropích, podlahách na zemi a dalších příčkách a jako jádro sendvičových desek. Pozoruhodným stavebním materiálem se stala tuhá izolace s použitím PU, polyisokyanurátu (PIR, polyiso nebo ISO) a PS [74].

Polyethylen o vysoké hustotě (HDPE) a polyethylen o nízké hustotě (LDPE) jsou oblíbeným stavebním materiálem, zejména pro výrobu trubek [75]. Další významnou oblastí použití, kde se používají polymerní syntetická vlákna, jako je nylon, polypropylen (olefin), akryl a polyester, jsou koberce.

Přestože jsou plasty velmi dobře recyklovatelné, v roce 2020 činil podíl plastů na recyklovaném odpadu ze stavebnictví, renovací a demolic celosvětově pouze 5,1% [76]. Existují dva základní způsoby recyklace plastů: chemická recyklace a recyklace surovin, kdy lze XPS roztavít nebo rozpustit a získané monomery polystyrenu lze znovu použít k výrobě nového polystyrenu, obvykle vstřikováním [77]. Recyklační proces se volí na základě složitosti odpadního toku a míry znečištění [78]. Mnoho výrobců desek z pěnového XPS realizuje své různé výrobní postupy na bázi recyklovaného materiálu, obvykle z vlastního výrobního odpadu. K zajištění odpovídající kvality materiálů z výroby plastů neodmyslitelně patří mnoho norem ISO a průmyslových norem na plastové výrobky.

Primární plasty jsou ve skutečnosti upřednostňovány před plasty z recyklace materiálů ze stavebnictví, renovací a demolic kvůli známému množství přísad a vysokému výrobnímu výkonu; navíc jsou cenově výhodnější. Nicméně, jak je popsáno v mnoha publikacích, přiměřený a kontrolovaný obsah recyklovaných materiálů ze stavebnictví, renovací a demolic v nových výrobcích nezhoršuje jejich vlastnosti [81].

V celosvětových technologiích recyklace odpadu XPS představují nákladově náročná řešení. Při tepelném zpracování lze pěnové desky XPS spalovat ve specializovaných zařízeních, kde se odpad přeměňuje na teplo nebo elektrickou energii. Tuto metodu lze použít vždy, když jsou jiné metody recyklace nemožné nebo neekonomické. Bez ohledu na technologii, skutečnost a způsob třídění XPS a jiných plastů na místě renovace nebo demolice výrazně zlepšuje rentabilitu recyklace.

Je zajímavé, že největší množství odpadu XPS vzniká při pracích na zlepšení tepelné izolace. Podle odhadů může odpad tvořit až několik procent použitého materiálu pro fasádní povrchy u budov s mnoha okny, balkonovými výplněmi a lodžemi [79].

Vlastnosti výrobků z XPS s obsahem recyklovaného polystyrenu by měly umožnit splnění všech technických požadavků vyplývajících z předpokládaných podmínek jejich použití v

budovách, zejména v oblasti pevnosti, odolnosti vůči vnějším vlivům a bezpečného používání. S ohledem na poslední hledisko je třeba věnovat zvláštní pozornost zpomalovačům hoření - antipyrénům - které brání procesům hoření. Mezi nejběžnější sloučeniny patří hexabromcyklododekan (HBCDD). Vzhledem k velkému rozsahu spotřeby XPS a množství odpadu vznikajícího ve fázích výstavby, přístavby, rekonstrukce a demolice je účelné vyvinout metodu kontroly zbytků nebezpečných antipyrénů používaných při výrobě stavebních výrobků z XPS.

S ohledem na toxicitu HBCDD, perzistenci a vysoký potenciál bioakumulace je provedena: analýza chemického složení XPS (suroviny, pigmenty, zpomalovače hoření, pomocné látky), posouzení XPS na obsah a uvolňování nebezpečných látek, zkouška XPS na obsah zpomalovače hoření (hexabromcyklododekanu (HBCDD) a analýza prvků [79]”.

## 5.5. Sádra (sádrokartonové desky)

Standardní sádrokartonové desky se skládají ze sádrového jádra a papírové (kartonové) vrstvy. Tradiční sádrokartonová deska obsahuje přibližně 90-95% sádry. Zbytek patří modifikátorům a papírovým vrstvám, které obklopují sádrové jádro a dodávají desce stabilitu a povrchovou úpravu. Přesné poměry se mohou lišit v závislosti na výrobcí a typu desky.

Sádrokartonové desky se sbírají z míst jejich demontáže nebo odstranění, např. z rekonstruovaných nebo demolovaných starých budov. Následně jsou separovány, aby se oddělily od ostatních materiálů, jako jsou kovové svorky nebo jiné součásti. Dalším krokem je oddělení sádry od papírových vrstev. Zpětně získaná sádra může být podrobena procesům, které obnovují její status suroviny. Sádru lze znovu použít k výrobě nových sádrových výrobků, jako jsou sádrokartonové desky nebo jiné stavební výrobky.

Sádrový prášek, sekundární materiál z recyklace sádrokartonových desek, lze teoreticky recyklovat mnohokrát a předpokládá se, že jeho chemické složení zůstane stejné jako u původní suroviny. Sádrový prášek je klíčovou složkou při výrobě různých stavebních materiálů, včetně sádrokartonu, sádrové omítky, sádrového tmelu atd. V kombinaci s vodou podléhá sádrový prášek hydrataci a vytváří pevnou hmotu, díky čemuž je ideální pro povrchovou úpravu a zpevňování. Hlavním problémem při použití sádrového odpadu je nízká cena primární suroviny, kterou je obvykle odpad z odsíření spalin v elektrárnách/kogeneračních zařízeních. Přesun výroby energie na jiné zdroje, než spalování fosilních paliv sníží množství sádrové suroviny a nabídne možnost používat recyklovanou sádru.

V mnoha členských státech se odpad sbírá z demolic a plnohodnotný druhotný materiál se dodává ve formě sádrového prášku přímo výrobcům stavebních výrobků. Stále více studií se věnuje zjišťování, kolik recyklačních cyklů lze provést, aby se dosáhlo mechanických vlastností o nic horších než u výrobků vyrobených z primárních surovin. Nicméně sádrové výrobky patří mezi několik málo typů stavebních výrobků, které lze recyklovat mnohokrát.

Sádru z odpadních sádrokartonových desek lze také použít do betonu, přesněji řečeno při výrobě cementu. Recyklovaný sádrovec může nahradit přírodní sádru, čímž se reguluje doba vazby cementu. V současné době se přírodní sádra používá jako složka cementu nebo při výrobě stavebních materiálů jen zřídka. Hlavním zdrojem surovin pro sádrové výrobky jsou elektrárny a kogenerační zařízení, kde je sádra odpadem z mokrého odsíření spalin. Nízká cena a lepší kvalita sádrových surovin z uhelných elektráren představuje problém pro opětovné využití sádrových zbytků. Její využití jako plnohodnotné náhrady přírodního sádrovce při výrobě cementu je předmětem mnoha studií.

V souladu se směrnicí Evropského parlamentu 2003/33/ES [80] by měl být odpad obsahující sádro skladován v oddělených a vhodně zabezpečených prostorách, protože skladování sádrového odpadu společně s komunálním odpadem představuje vážné nebezpečí pro přírodní prostředí. Sádra ve styku s vodou může vyvolat chemické procesy, které způsobují okyselování půdy, podzemních a povrchových vod a ovlivňují organismy v ekosystému. Síran vápenatý se může ve vodě srážet a vytvářet sádrové usazeniny, které blokují tok přírodních vod. Síra v sádrovci přispívá k tvorbě toxického sirovodíku.

## 5.6. Minerální odpad (beton, cihly, cement, keramické dlaždice)

**Beton** vzniká smícháním cementu, jemného a hrubého kameniva, vody, případných přísad, vláken a minerálních přísad, např. popílku, granulované vysokopeční strusky a křemičitého prachu. Beton je směs s tuhoucím poměrem, která po smíchání a vytvrzení získává trvanlivost a pevnost a stává se vhodnou pro různé aplikace, včetně stavebnictví. Konstrukční beton ve stavebních konstrukcích je dodatečně vyztužován (výztuže, vlákna, výztužné sítě). Standardní recyklace konstrukčního betonu zahrnuje drcení na menší fragmenty, magnetickou separaci výztuže (kovového odpadu) a třídění na požadované frakce pomocí sít.

Stavební suť vzniká v důsledku renovačních a stavebních prací při demolici a rozebírání budov. Pokud se odpad na místě demolice selektivně shromáždí a zpracuje, např. pomocí mobilních drtících stanic, může být znovu použit jako základová konstrukce pro nově postavenou stavbu. To vyžaduje odpovídající plánování a organizaci demolice.

### Rychlý přehled

Kamenivo z recyklace betonu lze použít pro nestavební nebo pomocný (podkladní) beton. Takto získané kamenivo lze použít na dlažby komunikací, dvorů, příjezdových cest a chodníků, jako materiál pro prefabrikáty, podklad zpevněných ploch nebo na výplň výkopů.

Přesto je třeba mít na paměti, že přibližně padesát milionů metrů krychlových betonové směsi se celosvětově nepoužije a vrací se do výroby hotových betonových směsí. Stavební průmysl se potýká s problémem nevyužitého betonu vyrobeného pro konkrétní projekty. Tato situace je důsledkem úprav projektu nebo chyb při realizaci. Vrácení nepoužité betonové směsi jejímu výrobcí může být problematické kvůli nákladům, řízení likvidace a škodlivým dopadům na životní prostředí. Některá zařízení na výrobu betonu jsou vybavena systémy pro částečnou recyklaci betonových směsí. Tyto systémy pomáhají rozdělit betonovou směs na kamenivo a suspenzi částic ve vodě. Hrubé kamenivo je téměř plně regenerováno a znovu použito v novém betonu. Posouzení vhodnosti záměšové vody do betonu, včetně záměšové vody získané z procesů v betonářském průmyslu, umožňuje využití suspenzí vznikajících jako odpad při výrobě betonu [81]. Výrobny betonových směsí, které nemají systémy pro zpětné získávání složek z nevytvrzené směsi, odesílají nepoužitý beton na místní sklad, kde se pravidelně zpracovává drcením. Takto vzniklá drť se pak přidává do betonu s nízkou pevnostní třídou pro nekonstrukční aplikace.

Nehomogenní složení, nestejněměrné rozměry a horší funkční vlastnosti (mechanické a fyzikální) recyklovaného kameniva ve srovnání s přírodním kamenivem představují hlavní problém při použití betonové suti pro výrobu betonu. Pro použití recyklovaného kameniva může být nutné vynaložit určité dodatečné úsilí, včetně čištění, drcení, praní, zvýšení obsahu cementu v betonové směsi a také cenných přísad ve složení betonu [82], což následně

zvýšuje cenu výroby betonu. Na druhou stranu se očekává, že ceny přírodního kameniva po vyčerpání přírodních zdrojů a zvýšení cen dopravy porostou. Přesto se očekává, že ceny recyklovaného kameniva budou s dalším rozvojem recyklačních metod klesat. Možnosti opětovného využití betonové suti pro výrobu betonu jsou uvedeny v normě EN 206 [83] (doporučený maximální obsah místo přírodního kameniva). Limitní podíl betonové suti závisí především na její kvalitě, třídách expozice a typech agrese prostředí, kterým bude nově vyráběný beton vystaven. Skupina Rilem vypracovala podrobnější doporučení pro selektivní demolice betonových konstrukcí a nejefektivnější metody využití takto získané suti pro výrobu nové betonové směsi [84-85].

**Cihla** je zdicí prvek vyrobený z hliněných surovin tvářením, sušením a vypalováním při vysoké teplotě. Při pálení dochází k chemické reakci, která cihlu zpevňuje a zanechává ji trvanlivou a pevnou. Existuje několik druhů cihel, včetně hliněných, betonových (cement jako hlavní složka pojiva + písek a kamenivo), keramických (hlína a keramický jííl) a šamotových.

Cihelná suť, která vzniká drcením nebo zušlechťováním použitých cihel, může být použita jako recyklovaný materiál v různých stavebních a infrastrukturních aplikacích.

#### Rychlý přehled

Hlavní oblastí použití cihelné suti (typicky cihelné a betonové suti) je výstavba silnic (silniční spodní stavby, chodníky a dlažby). Zušlechtěnou cihelnou suť lze použít jako náhradu některých tradičních kameniv v betonových směsích a maltách a jako drenážní vrstvu na zahradách nebo jiných plochách vyžadujících účinný odvod vody.

Možnosti použití cihelné suti v betonových směsích jsou omezené vzhledem k její nasákavosti a negativnímu vlivu na většinu pevnostních a trvanlivých charakteristik. Obsah cihel v betonové suti používané pro výrobu betonových směsí se obvykle považuje za kontaminaci. Použití cihelné suti z demolice budov je nejohospodárnější na staveništi, např. pro zpevnění zeminy nebo násypu.

Cihelná drť se používá při stavbě silnic k formování a hutnění podloží (cihelná drť s vápnem) pro zhotovení předběžných podkladních konstrukcí a zpevnění. Vzhledem k tomu, že cihelná drť je křehký a vysoce nasákový materiál (je pórovitá, a tudíž absorbuje velké množství vody), doporučují se podkladní konstrukce z cihelné drti pro málo frekventované komunikace, např. na venkově, v lesích nebo jako dočasné komunikace na staveništech, při slavnostech a jiných akcích. V takových případech je cihelná drť levným a funkčním stavebním materiálem. Lze ji pokládat pod cyklistické stezky, chodníky, parkoviště a dětská hřiště.

U cihelné suti záleží na způsobu získávání, protože suť by měla být selektivně shromažďována a zpracovávána již na místě demolice. Tradiční metody demolice nejsou v těchto případech možné a je třeba je nahradit postupnou demontáží s rozdělením materiálu na frakce. Pečlivá demontáž cihelných konstrukcí může pomoci získat zpět celé cihly. Takto získané stavební materiály lze – po náležitém očištění – znovu použít ve stavebnictví jako dekorativní nebo konstrukční prvky či příčky. Dříve se cihly čistily pouze ručním otłoukáním jejich povrchu. V současné době se stalo populárním automatizované čištění bez použití chemikálií a pouze na základě vibrací. Části fasádních lícových cihel o tloušťce několika centimetrů se používají jako obklady v moderních interiérech.

Přítomnost malty a omítek na povrchu cihel představuje hlavní omezení pro jejich opětovné použití jako stěnových prvků. Ponechání vápenocementových, pouze cementových nebo sádrových vrstev zhoršuje vzhled a trvanlivost nové zdi. Stará malta oslabuje kontakt mezi cihlami. Je porézní, a tak hromadí škodlivé látky z prostředí a nepředvídatelně nasává vodu.



## 6. Shrnutí a závěry – perspektiva a vývoj cirkulárního hospodářství ve stavebnictví

Mezi hlavní faktory, které přispívají k nízké úrovni zpracování stavebních výrobků po skončení jejich životnosti, patří nedostatečné znalosti subjektů provádějících demolice o ekonomických přínosech a vhodnosti recyklace díky správné metodě dekonstrukce; nízká dostupnost stavebního odpadu bez kontaminace, a tedy recyklovatelného materiálu, a nedostatek zkušeností a zpracovatelských technologií umožňujících využití recyklovaných stavebních materiálů. Zavedení účinných recyklačních procesů vyžaduje spolupráci mezi výrobci, recyklačními podniky a regulačními orgány, aby se zajistily účinné recyklační procesy. Autoři příručky to vnímají jako velkou příležitost, která bude vyžadovat mnoho úsilí a zvyšování povědomí výše uvedených cílových skupin. Doufáme, že Příručka k tomuto výsledku přispěje.

V současné fázi legislativních prací neexistují žádné standardní požadavky na opětovné použití stavebních výrobků. Legislativní práce na opětovném použití stavebních výrobků z demolice nebo dekonstrukce by posílily postupy cirkulárního hospodářství. Pokud by legislativa zahrnovala charakteristiku „opětovného použití“, měly by být specifikovány podmínky recyklace výrobku spolu s předpokládanými podmínkami použití, které zajistí jeho vhodnost pro opětovné použití, a/nebo metody posuzování jeho parametrů po skončení životnosti. Je třeba mít na paměti, že určení typu výrobku, a tedy i jeho vlastností, v souladu s definicí v Nařízení o stavebních výrobcích je u znovuzískaných materiálů náročné. Proto musí změna začít již ve fázi tvorby právních předpisů.

## 7. Odkazy

- [1] Mezinárodní energetická agentura (2019). Global Status Report for Buildings and Construction (Globální zpráva o stavu budov a stavebnictví).
- [2] Evropská komise (2019). Evropská zelená dohoda. Evropská komise, Brusel, COM/2019/640 final.
- [3] <https://www.construction-products.eu/publications/green-deal/>
- [4] <https://www.europarl.europa.eu>.
- [5] A. Jordan, V. Gravey, (Eds.). (2021). Politika životního prostředí v EU: Routledge: Actors, Institutions and Processes (4. vydání).
- [6] Evropská komise. (2023). Návrh nařízení Evropského parlamentu a Rady, kterým se stanoví rámec pro zajištění bezpečných a udržitelných dodávek kritických surovin a kterým se mění nařízení (EU) 168/2013, (EU) 2018/858, 2018/1724 a (EU)2019/1020, Evropská komise, COM/2023/160 final, 2023/0079(COD).
- [7] Evropský parlament a Rada Evropské unie. (2018). Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/844 ze dne 30. května 2018, kterou se mění směrnice 2010/31/EU o energetické náročnosti budov a směrnice 2012/27/EU o energetické účinnosti, Úřední věstník Evropské unie, L 156/75.
- [8] [https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/construction-and-demolition-waste\\_en](https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/construction-and-demolition-waste_en).
- [9] [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste\\_statistics#Total\\_waste\\_generation](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics#Total_waste_generation).
- [10] Evropský parlament a Rada Evropské unie. (2008). Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/98/ES ze dne 19. listopadu 2008 o odpadech a o zrušení některých směrnic, Úřední věstník Evropské unie, L 312/3.
- [11] Kancelář Sejmu. (2012). Zákon ze dne 14. prosince 2012 o odpadech, Sbírka zákonů 2013, částka 21.
- [12] Zákon o odpadech. Zákon č. 541/2020 Sb.
- [13] Uredba o odpadkih (Uradni list RS, št. 37/15, 69/15, 129/20, 44/22 - ZVO-2 in 77/22) [13]
- [14] Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen Kreislaufwirtschaftsgesetz - KrWG) Vom. 24. Februar 2012
- [15] Komise Evropských společenství EUROSTAT. (2010). Pokyny pro klasifikaci odpadů podle kategorií EWC-Stat v.2.
- [16] Evropská komise. (2014). Rozhodnutí Komise ze dne 18. prosince 2014, kterým se mění rozhodnutí 2000/532/ES o seznamu odpadů podle směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/98/ES Text s významem pro EHP, Úřední věstník Evropské unie, L 370/44.
- [17] Byggföretagen. (2020).Resurs- och avfallsriktlinjer vid byggande och rivning
- [18] ÖNORM B3151- Demontáž budov jako standardní metoda demolice

- [19] <https://cityloops.eu/>
- [20] Evropská komise. (2018). Pokyny pro audity odpadů před demoličními a renovačními pracemi budov, květen 2018.
- [21] Evropská komise. (2020). Ukazatel(e) úrovně 2.2: Stavební a demoliční odpady a materiály, verze publikace 1.0, říjen 2020.
- [22] E. Schneeberger. (2023). Broschüre Baurestmassen - Verwertung und Entsorgung, Leitfaden zum richtigen Umgang mit Baurestmassen auf Baustellen, Ausgabe 2023.
- [23] M. Wahlström, M. zu Castell-Rüdenhausen, P. Hradil, K. Hauge Smith, A. Oberender, M. Ahlm, J. Götbring, J. Bjerre Hansen. (2019). Zlepšení kvality stavebních a demoličních odpadů - požadavky na předdemoliční audit. Severská rada ministrů.
- [24] M. Kozicki, A. Niesłochowski. (2020). Material Contamination and Indoor Air Pollution Caused by Tar Products and Fungicidal Impregnations [Kontaminace materiálů a znečištění vnitřního ovzduší způsobené dehtovými výrobky a fungicidními impregnacemi]: V letech 2014-2019 se uskutečnil intervenční výzkum. Sensors 2020, 20, 4099
- [25] Evropský parlament a Rada Evropské unie. (2004). Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 850/2004 ze dne 29. dubna 2004 o perzistentních organických znečišťujících látkách a o změně směrnice 79/117/EHS, Úřední věstník Evropských společenství, L 158/7.
- [26] Rozhodnutí Rady Evropské unie ze dne 19. prosince 2002, kterým se stanoví kritéria a postupy pro přijímání odpadů na skládky podle článku 16 a přílohy II směrnice 1999/31/ES: 2003/33/ES. Úřední věstník L 011 , 16/01/2003 S. 0027 - 0049.
- [27] EN 12457-1:2002 Charakterizace odpadů - Vyluhování - Zkouška shody pro vyluhování granulovaných odpadních materiálů a kalů - Část 1: Jednostupňová vsádková zkouška při poměru kapaliny k pevné látce 2 l/kg pro materiály s vysokým obsahem pevné látky a s velikostí částic pod 4 mm (bez zmenšení velikosti nebo se zmenšením velikosti).
- [28] EN 12457-2:2002 Charakterizace odpadů - Loužení - Zkouška shody pro loužení zrnitých odpadních materiálů a kalů - Část 2: Jednostupňová dávková zkouška při poměru kapaliny a pevné látky 2 l/kg pro materiály s vysokým obsahem pevné látky a s velikostí částic pod 4 mm (bez nebo s redukcí velikosti).
- [29] EN 12457-3:2002 Charakterizace odpadů - Loužení - Zkouška shody pro loužení zrnitých odpadních materiálů a kalů - Část 3: Jednostupňová dávková zkouška při poměru kapaliny a pevné látky 2 l/kg pro materiály s vysokým obsahem pevné látky a s velikostí částic pod 4 mm (bez nebo s redukcí velikosti).
- [30] Evropský parlament a Rada Evropské unie. (2019). Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 850/2004 ze dne 29. dubna 2004 o perzistentních organických znečišťujících látkách a o změně směrnice 79/117/EHS, Úřední věstník Evropských společenství, L 158/7
- [31] <https://www.tracimat.be/>
- [32] Evropský parlament a Rada Evropské unie. (2011). Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 305/2011 ze dne 9. března 2011, kterým se stanoví harmonizované podmínky pro uvádění stavebních výrobků na trh a zrušuje směrnice Rady 89/106/EHS Text s významem pro EHP, Úřední věstník Evropské unie, L 88/5

- [33] Evropský parlament a Rada Evropské unie. (2006). Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 ze dne 18. prosince 2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek, o zřízení Evropské agentury pro chemické látky, o změně směrnice 1999/45/ES a o zrušení nařízení Rady (EHS) č. 793/93, nařízení Komise (ES) č. 1488/94, směrnice Rady 76/769/EHS a směrnic Komise 91/155/EHS, 93/67/EHS, 93/105/ES a 2000/21/ES, Úřední věstník Evropské unie, L 396/1.
- [34] Kancelář Sejmu. (2004). Zákon ze dne 16. dubna 2004 o stavebních výrobcích, Sbírka zákonů 2004 č. 92, položka 881.
- [35] Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundesodenschutzund Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung, Vom 9. Juli 2021.
- [36] Nařízení vlády, kterým se stanoví technické požadavky na vybrané stavební výrobky. Nařízení vlády č. 163/2002 Sb.
- [37] Zakon o gradbenih proizvodih (ZGPro-1) (Uradni list RS, št. 82/13)
- [38] Evropský parlament a Rada Evropské unie. (2008). Rozhodnutí Evropského parlamentu a Rady č. 768/2008/ES ze dne 9. července 2008 o společném rámci pro uvádění výrobků na trh a o zrušení rozhodnutí Rady 93/465/EHS, Úřední věstník Evropské unie, L 218/82.
- [39] EN 1519-1:2019 Plastové potrubní systémy pro odvod zeminy a odpadů (nizkoteplotní a vysokoteplotní) uvnitř stavebních konstrukcí - Polyethylen (PE) - Část 1: Požadavky na trubky, tvarovky a systém
- [40] CEN/TS 14541-2:2022 Trubky a tvarovky z plastů - Využití recyklátů z termoplastů - Část 2: Doporučení pro příslušné vlastnosti
- [41] CEN/TS 14541-2:2022 Plastové trubky a tvarovky - Využití termoplastových recyklátů - Část 2: Slovník
- [42] EN 197-6:2023 Cement - Část 6: Cement s recyklovanými stavebními materiály
- [43] EN 12620:2002+A1:2008 - Kamenivo do betonu
- [44] EAD 170005-00-0305 Recyklované hliněné zdicí prvky, EOTA, červenec 2017
- [45] EAD 010028-00-0103 Sada pro mělké a opakovaně použitelné základy pro lehké konstrukce, EOTA, červenec 2017.
- [46] EAD 180022-00-0704 Prefabrikované plastové tvarovky z recyklovaných odpadních plastů určené k odvodnění, EOTA, květen 2018.
- [47] ISO 14021:2016 Environmentální značky a prohlášení - Vlastní environmentální tvrzení (environmentální značení typu II)
- [48] EN 15804+A1:2014-04 Udržitelnost stavebních prací - Environmentální prohlášení o produktu - Základní pravidla pro kategorii stavebních výrobků
- [49] EN 15978:2012 Udržitelnost staveb - Posuzování vlivu staveb na životní prostředí - Výpočtová metoda
- [50] EN 16516:2017+A1:2020-12 Stavební výrobky: Posuzování uvolňování nebezpečných látek - Stanovení emisí do vnitřního ovzduší

- [51] EN 717-1:2006 Desky na bázi dřeva - Stanovení uvolňování formaldehydu - Část 1: Emise formaldehydu komorovou metodou
- [52] CEN/TS 16637-1:2018 Stavební výrobky - Posuzování uvolňování nebezpečných látek - Část 1: Pokyny pro stanovení vyluhovacích zkoušek a dalších kroků zkoušení
- [53] CEN/TS 16637-2:2014 Stavební výrobky - Posuzování uvolňování nebezpečných látek - Část 2: Zkouška horizontálního dynamického vyluhování z povrchu
- [54] EN 1744-3:2002 Zkoušení chemických vlastností kameniva - Část 3: Příprava výluhů vyluhováním kameniva
- [55] CEN/TS 17195:2019 Stavební výrobky - Posuzování uvolňování nebezpečných látek - Analýza anorganických látek v eluátech
- [56] CEN/TS 17197:2018+AC:2018 Stavební výrobky: Posuzování uvolňování nebezpečných látek - Analýza anorganických látek v digestátech a eluátech - Analýza pomocí indukčně vázaného plazmatu - optická emisní spektrometrie (ICP-OES)
- [57] CEN/TS 17200:2018+AC:2018 Stavební výrobky: Posuzování uvolňování nebezpečných látek - Analýza anorganických látek v digestátech a eluátech - Analýza pomocí indukčně vázaného plazmatu - hmotnostní spektrometrie (ICP-MS)
- [58] CEN/TS 17332:2019 Stavební výrobky - Posuzování uvolňování nebezpečných látek - Analýza organických látek v eluátech
- [59] Rada Evropské unie. (2013). Směrnice Rady 2013/59/Euratom ze dne 5. prosince 2013, kterou se stanoví základní bezpečnostní standardy ochrany před riziky vyplývajícími z expozice ionizujícímu záření a zrušují směrnice 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom a 2003/122/Euratom, Úřední věstník Evropské unie, L 13/1.
- [60] EN 15347:2008 Plasty - Recyklované plasty - Charakterizace plastových odpadů
- [61] EN 15343:2010 Plasty - Recyklované plasty - Sledovatelnost recyklace plastů a posuzování shody a recyklovaného obsahu
- [62] EN 15342:2008 Plasty - Recyklované plasty - Charakterizace recyklátů polystyrenu (PS)
- [63] EN 15344:2021 Plasty - Recyklované plasty - Charakterizace polyethylenových (PE) recyklátů
- [64] EN 13168:2012+A1:2015 Tepelněizolační výrobky pro budovy - Průmyslově vyráběné výrobky z dřevité vlny (WW) - Specifikace
- [65] EN 13171:2012+A1:2015 Tepelněizolační výrobky pro budovy - Průmyslově vyráběné výrobky z dřevních vláken (WF) - Specifikace
- [66] <https://europanel.org/>
- [67] M. How. (2021) Scrap use in the steel industry Fact sheet, s. 4-5, [https://worldsteel.org/wp-content/uploads/Fact-sheet-on-scrap\\_2021.pdf](https://worldsteel.org/wp-content/uploads/Fact-sheet-on-scrap_2021.pdf)
- [68] Světová ocelářská asociace. (2023) Sustainability Indicators 2023 report, <https://worldsteel.org/wp-content/uploads/Sustainability-indicators-report-2023.pdf>

- [69] <https://worldsteel.org/>
- [70] <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/home>
- [71] <https://worldsteel.org/circular-economy/>
- [72] J. Rybicka-Łada, A. Kuśnierz, M. Kosmal. (2019). The impact of recycled glass cullet addition on the glass melting process [Vliv přídavku recyklované skleněné drti na proces tavení skla], Szkló i Ceramika 3, s. 22-25.
- [73] I. Velzeboer, A. Van Zomeren. (2017). End of Waste Criteria for Inert Aggregates in Member States (Kritéria pro ukončení nakládání s odpady pro inertní kamenivo v členských státech), sv. ECN-E--17-010, č. May, s. 43, 2017
- [74] CCME. (2019). Guide for Identifying, Evaluating and Selecting Policies for Influencing Construction, Renovation and Demolition Waste Management (Příručka pro identifikaci, hodnocení a výběr politik pro ovlivnění nakládání se stavebními, renovačními a demoličními odpady). 2019
- [75] G. Santos, E. Esmizadeh, M. Riahinezhad. (2023). Recyklace plastových odpadů ze staveb, renovací a demolic: Polym.: Review of the Status Quo, Challenges and Opportunities, J. Polym. Environ., doi: 10.1007/s10924-023-02982-z
- [76] Globální výzkumný tým pro energetiku a životní prostředí společnosti Frost & Sullivan. (2020). Global Waste Recycling and Circular Economy Market, Outlook, 2020 (Globální trh s recyklací odpadů a oběhovým hospodářstvím, výhled na rok 2020).
- [77] J. Sokołowski. (2010). Recyklace plastů, Varšavská technická univerzita
- [78] APPRICOD. (2006). Průvodce k udržitelnému nakládání s plastovým stavebním a demoličním odpadem v Evropě.
- [79] A. Szczygielska, H. Prejzner, R. Geryło. (2014). Možnosti recyklace odpadního expandovaného polystyrenu a problémy spojené s touto problematikou, Izol. 11-12/2014
- [80] Evropský parlament a Rada Evropské unie. (2003). Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2003/33/ES ze dne 26. května 2003 o sblížení právních a správních předpisů členských států týkajících se reklamy na tabákové výrobky a sponzorování těchto výrobků, Úřední věstník Evropské unie, L 152/16.
- [81] EN 1008:2004 Voda pro míchání betonu - Specifikace pro odběr vzorků, zkoušení a posuzování vhodnosti vody, včetně vody získané z výrobních procesů betonu.
- [82] Publikace s více autory, vědecký redaktor: (2020). Beton. Technologie a metody výzkumu. Kapitola 3. R. Mróz. Úloha kameniva při utváření vlastností betonu. Polský cementářský svaz, Krakov 2020
- [83] EN 206:2014-04 Beton. Požadavky, vlastnosti, výroba a shoda
- [84] Doporučení RILEM. (1994). Specification for concrete with recycled aggregates, Materials and Structures, vol. 27, pp. 557-559.
- [85] Varšavská technická univerzita (2016). Příloha 9.6 Pokyny pro použití materiálů recyklovaných z betonových povrchů č. 9, s. 1-30.

## 8. List čísel

Obr. 1 Přehled politik, iniciativ a komunikace v rámci evropské Zelené dohody pro stavebnictví (podle [3]).

Obr. 2 Podíl produkce odpadů podle ekonomických činností v EU (údaje za rok 2020; zdroj: online údaje Eurostatu [9])

Obr. 3 Hierarchie nakládání se stavebním odpadem

Obr. 4 Zdroje kontaminace ve stavebních konstrukcích.

Obr. 5 Zjednodušené schéma pro uvádění stavebního výrobku na trh v souladu s nařízením (EU) č. 305/2011.

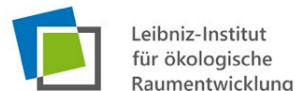
Obr. 6 Expoziční scénáře pro uvolňování nebezpečných látek ze stavebních výrobků.

Obr. 7 Ocel v oběhovém hospodářství (podle [68])

# CirCon4Climate



Členové konsorcia:



Supported by:



on the basis of a decision  
by the German Bundestag

<https://www.euki.de/en/>

Za názory uvedené v této publikaci nese výhradní odpovědnost autor (autoři)  
a nemusí nutně odrážet názory Spolkového ministerstva hospodářství a  
ochrany klimatu (BMWK).



