Institut cirkulární ekonomiky (INCIEN)

Role cirkulární ekonomiky v dekarbonizaci průmyslu

Iniciování debaty se zástupci českého průmyslu o dodatečných cestách k dosažení uhlíkové neutrality

Autoři:

Benjamin Hague
Pavel Zedníček
Tadeáš Rulík

Říjen 2022

European Climate Foundation

INSTITUT CIRKULÁRNÍ EKONOMIKY

© Institut Cirkulární Ekonomiky, z.ú. (INCIEN)
Text © Benjamin Hague, Pavel Zedníček, Tadeáš Rulík, 2022
Grafický design © Jolana Sýkorová, 2022

Globální environmentální politika pokládá za největší současné nebezpečí probíhající klimatickou krizi a její velmi vážné dopady, a poněkud se přitom zapomíná na další naléhavé hrozby, jako je ztráta biodiverzity nebo všudypřítomná kontaminace prostředí cizorodými látkami. Sice méně často zmiňované, ale podobně závažné nebezpečí s sebou nese hospodaření s materiály, na jedné straně rychle rostoucí spotřeba nerostných surovin a dalších přírodních zdrojů a na druhé straně neúnosně se zvyšující produkce odpadů v nejrůznějších podobách. Odpovědí na tuto výzvy je koncepce cirkulární ekonomiky (v českém oficiální terminologii oběhové hospodářství).

Až dosud se však tato problematika mnohdy zužuje na otázky spojené s odpady, například recyklace a znovuvyužití. Cirkulární ekonomika ovšem přináší nový zásadní pohled na lidské hospodaření, až dosud založeného na „metabolizmu jednosměrného proudu“, to znamená od přírodních zdrojů přes nejrůznější výrobky nebo jiné produkty a jejich využívání až k nevyhnutelné produkci odpadů. Když se ovšem podíváme na to, jak „hospodaří“ příroda ve svých ekosystémech, vidíme „metabolizmus cirkulární“, kde z podstaty věci žádný opad nezůstává. Podobným modelem může také být zemědělské hospodaření před příchodem průmyslové revoluce. Podobně je třeba uzavřít ekonomický cyklus současné průmyslové společnosti.

Předložená studie tyto principy dobře chápe a po zásluze oceňuje a propaguje. Navíc vychází z toho, že otázky cirkulární ekonomiky jsou velmi úzce propojeny s ostatními velkými environmentálními problémy současnosti, na prvním místě s výzvami klimatické krize. Na analýzách vybraných odvětví ukazuje konkrétní souvislosti a předkládá realistická řešení. Zde vidím vůbec nejdůležitější přínos tohoto textu, který – jak doufám – nezůstane někde v knihovně nebo na polici, ale bude široce čten a v praxi využíván.

Prof. RNDr. Bedřich Moldan, CSc., dr.h.c.
Univerzita Karlova
Centrum pro otázky životního prostředí

Touto publikací pokračuje Institut Cirkulární Ekonomiky INCIEN v tradici oslovování aktuálních témat v široké strategicko-koncepční, legislativní i implementační problematice cirkulární ekonomiky. Odborné i zájmové veřejnosti se dostává do rukou Studie „Role cirkulární ekonomiky v dekarbonizaci průmyslu“ se záměrem vyvolat impulzy k žádoucí diskuzi o přínosech cirkulární ekonomiky ve vybraných a na primárních surovinách silně závislých průmyslových odvětvích pro plnění cílů národní klimatické agendy. S převážným důrazem na snižování emisí oxidu uhličitého prostřednictvím energetických procesů zůstává role vzniku emisí skleníkových plynů z materiálových procesů v průmyslu poněkud stranou. Jeden z hlavních přínosů Studie proto spočívá v ilustraci efektivnosti propojení cirkulární ekonomiky s potenciální redukcí emisí skleníkových plynů ve vybraných průmyslových odvětvích.

Důležitost tohoto propojení spočívá ve skutečnosti, že oblasti těžby a procesy zpracování surovinových materiálů jsou spojeny s 60 % spoluúčastí na výskytu světových emisí skleníkových plynů*. Toto staví zpracovatelský průmysl – vedle energetiky – mezi důležité a nepostradatelné aktéry plnění klimatických cílů Pařížské dohody.

EU strategie Zelené dohody, zaměřená na dosažení dlouhodobé uhlíkové neutrality, zahrnuje oblast cirkulární ekonomiky jako součást tohoto procesu. Spolu s EU Akčním plánem cirkulární ekonomiky z března 2020 tvoří pro Českou republiku rámec tohoto klimaticko-materiálového propojení.

Ve světle velkého podílu průmyslu na tvorbě našeho HDP a jeho vysoké energetické a materiálové náročnosti se autoři Studie zaměřili na emisně náročnou výrobu oceli, cementu, petrochemických produktů a hliníku a na stavebnictví a automobilový průmysl, které jsou hlavními sektory spotřeby jejich produktů. V každém z těchto odvětví dokládá Studie značný dekarbonizační potenciál ve spojení se snižováním intenzity materiálových toků. Představují tak cirkulární ekonomiku jako energeticky účinnou a nákladově efektivní cestu k průmyslové dekarbonizaci.

Studie „Role cirkulární ekonomiky v dekarbonizaci průmyslu“ je první částí dvojdílného záměru, jehož následná část bude zaměřena na konkrétní a efektivní cirkulární opatření a na návrh akčního plánu k realizaci dekarbonizačního potenciálu. Lze si jen přát, aby i druhý díl Studie se autorům podařilo připravit v podobné kvalitě a názornosti jakou se vyznačuje tato publikace.

Ing. Petr J. Kalaš
Prezident
Česká podnikatelská rada
pro udržitelný rozvoj (CBCSD)

* Global resource outlook 2019, OECD

Obsah

Shrnutí 9

1 Úvod 22

Pozadí 25
Cíl výzkumu 29
Rozsah a definice 30
Výzkumný přístup 33
Současný stav znalostí 35

2 Český průmysl a agenda dekarbonizace 40

Přínos průmyslu pro českou ekonomiku 43
Současný profil emisí skleníkových plynů českého průmyslu 44
Stav dekarbonizační agendy pro český průmysl 47
Vládní politika přechodu na cirkulární ekonomiku 49
Stávající scénáře dekarbonizace českého průmyslu 50

3 Odvětvová analýza 54

Hodnotové řetězce na straně nabídky 59
Ocel 60
Cement a beton 72
Plasty 82
Hliník 94
Odběratelská odvětví 101
Výstavba budov 102
Automobilový průmysl 116

4 Přílohy 128

Příloha 1. Seznam mezinárodních studií podle průmyslových odvětví 130
Příloha 2. Zkratky a zkratková slova 134

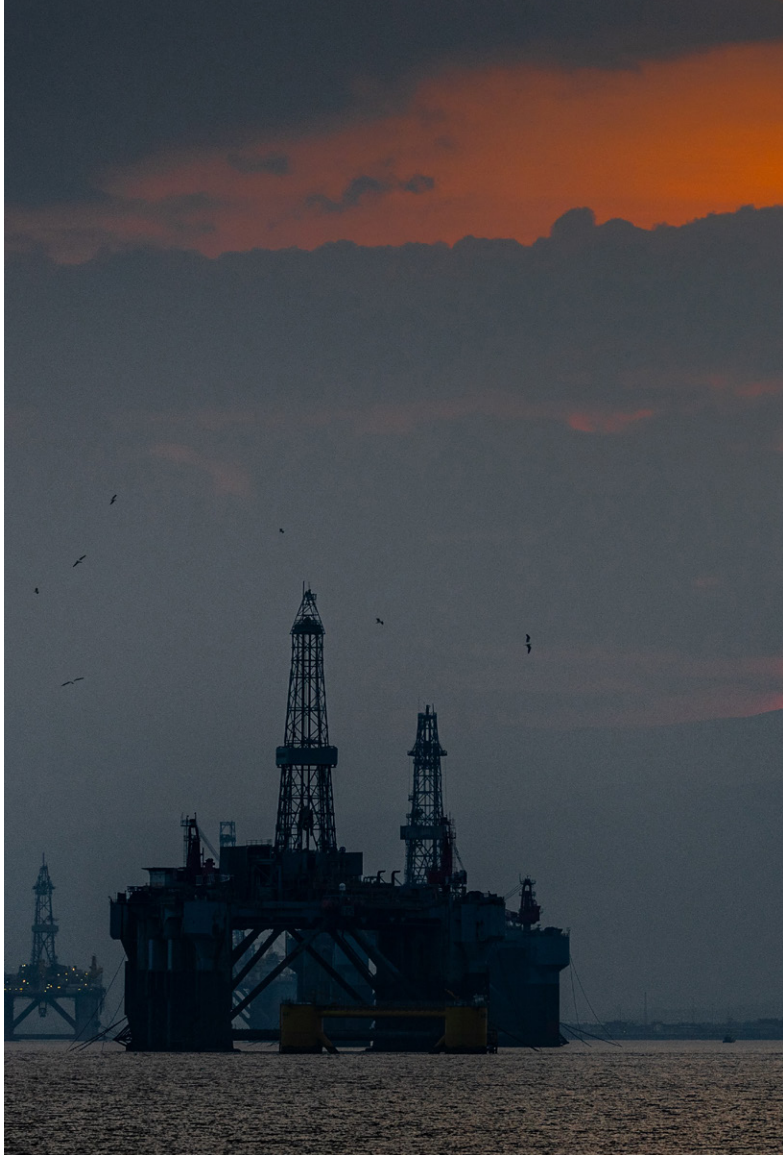
Shrnutí

Problematika změny klimatu je do značné míry problémem energetickým. Diskuse ohledně dekarbonizace české ekonomiky se orientuje primárně na energetiku, tedy na výrobu a dodávku elektřiny a tepla do domácností, případně na spalování fosilních paliv v dopravě.

Méně se však diskutuje o emisích vznikajících při výrobě materiálů, které se na globálních emisích skleníkových plynů podílejí stejně významně jako zemědělství, lesnictví a využívání půdy. Hlavními zdroji těchto emisí jsou energeticky náročná odvětví, jako je primární výroba **oceli, cementu, chemikálií** a **hliníku**, a hlavní odběratelská odvětví, která tyto materiály spotřebovávají, včetně výstavby **budov** a výroby **vozidel**.

Efektivní nakládání s materiály v ekonomice je hlavním předmětem zájmu pro **cirkulární ekonomiku (CE)**, jejímž základním principem je zachování co nejvyšší hodnoty materiálů a výrobků po celou dobu jejich životnosti. Zatímco v minulosti se politika a praxe v oblasti CE zaměřovala převážně na nakládání s odpady, v posledních letech se stále více mezinárodních studií zaměřuje na zkoumání a kvantifikaci dopadu cirkulárních opatření na dekarbonizaci průmyslu prostřednictvím recirkulace a substituce materiálů, materiálové účinnosti a cirkulárních obchodních modelů.

V rámci **Zelené dohody pro Evropu** je cílem EU do roku 2030 snížit emise skleníkových plynů o 55 % oproti roku 1990 a do roku 2050 dosáhnout uhlíkové neutrality. Závazek EU vůči cirkulární ekonomice a její potenciál přispět ke zmírnění změny klimatu je patrný z **Akčního plánu pro cirkulární ekonomiku** (Circular Economy Action Plan, CEAP 2.0) a souvisejících legislativních návrhů, které v současné době předkládá Evropská komise.



Navzdory výše uvedeným skutečnostem je hlubší prozkoumání cirkulární ekonomiky v kontextu dekarbonizace průmyslu stále omezené, zejména v členských státech EU ve střední a východní Evropě. **Česká republika** je ekonomikou s třetí nejvyšší uhlíkovou náročností na obyvatele v EU a druhou nejprůmyslovější zemí EU z hlediska podílu na hrubé přidané hodnotě (HPH), k čemuž výrazně přispívají sektory ocelářství, kovovýroba, automobilový průmysl, petrochemie a stavebnictví. V porovnání s průměrem EU má ČR obzvláště vysoký podíl emisí skleníkových plynů z energetiky, což je způsobeno výrazným podílem uhlí v rámci energetického mixu. Nadprůměrný podíl emisí má i sektor odpadové hospodářství z důvodu vysoké míry skládkování. Zatímco průmyslové

emise CO2 včetně spotřeby energie klesly od roku 1990 o 60 %, emise z průmyslových procesů a použití produktů se snížily pouze o 10 %. **Na emise z výroby železa a oceli, nekovových nerostů (zejména cementu) a chemikálií připadá 70 % průmyslových emisí, přičemž emise ČR z výroby železa a oceli a petrochemie jsou z hlediska podílu na celkových emisích EU obzvláště významné.**

Dekarbonizace českého průmyslu tedy představuje velkou výzvu, pokud jde o náklady a načasování přechodu na uhlíkovou neutralitu. V posledních dvou letech bylo vypracováno několik studií a scénářů na dekarbonizaci české ekonomiky včetně průmyslu. Tyto studie se však zaměřují na scénáře související s energetikou a zavedením nových procesních technologií, které jsou vysoce nákladné a v krátkodobém až střednědobém horizontu poměrně obtížně škálovatelné. Explicitní zaměření na roli materiálové účinnosti a CE v rámci dekarbonizace kromě potenciálu recyklace (zejména v ocelářství) tedy chybí. Stejně tak současné vládní politické dokumenty a národní strategie postrádají podrobnou „roadmapu“ pro dekarbonizaci průmyslu a zabývají se CE především v kontextu efektivního nakládání se zdroji a odpady, nikoli ve spojení se zmírněním změny klimatu.

Vyplnění této mezery je přitom zásadní vzhledem k odhadovaným nižším investičním nákladům na cirkulární opatření související s dekarbonizací. V porovnání se západoevropskými státy disponuje region střední a východní Evropy s menším investičním kapitálem pro investice spojené s přechodem na uhlíkovou neutralitu. Když připočteme rostoucí veřejný dluh v důsledku pandemie COVID-19, překotně rostoucí ceny energií v důsledku konfliktu na Ukrajině, rostoucí náklady na emisní povolenky a obecně skeptičtější pohled na klimatickou agendu, všechny tyto faktory činí z CE vysoce relevantní dekarbonizační strategii, kterou je třeba v České republice a širším regionu střední a východní Evropy systematicky prosazovat. Do budoucího plánování a roadmap dekarbonizace českého průmyslu by měly být formálně začleněny cirkulární strategie na straně nabídky i poptávky.

Hlavním cílem této studie je proto **podnítit diskusi o cirkulární ekonomice a jejím potenciálu snížení emisí skleníkových plynů v českém těžkém průmyslu**. Naší ambicí je, aby tato diskuse vedla k navýšení investic do této málo prozkoumané, ale vysoce relevantní cesty k dekarbonizaci. Naším záměrem není komplexně zachytit celou složitost CE, natož se pokoušet o modelování emisních scénářů. Jako jeden z prvních výzkumných projektů v České republice, který se zabývá tímto specifickým tématem napříč více sektory, má studie za cíl spíše vzbudit zájem o další zkoumání a v konečném důsledku motivovat k realizaci vhodných opatření v oblasti CE. Tato studie si zároveň klade za cíl poskytnout shrnutí dosavadního stavu mezinárodního výzkumu na toto téma a stát se tak relevantním příspěvkem do širší evropské debaty o dekarbonizaci průmyslu. V souvislosti s českým předsednictvím EU je naší ambicí posílit rostoucí povědomí o CE a o jejím potenciálu z pohledu průmyslové a klimatické politiky nejen „na domácí scéně“, ale v celé Evropské unii.

Dlouhodobé scénáře, jež jsou uvedeny v této studii, se vedle současných naléhavějších problémů mohou zdát vzdálené dnešní realitě. Cirkulární ekonomika však nabízí řešení, z nichž mnohá jsou dostupná již nyní. Přispívají ke zkrácení dodavatelských řetězců u jednotlivých materiálů, snížení spotřeby energie, snížení spotřeby materiálů, zachování vzácných přírodních zdrojů či zvrácení úbytku biologické rozmanitosti, přitom podporují nákladově efektivním způsobem i úsilí o dekarbonizaci těžkého průmyslu.

Rozsah výzkumu

Studie se zabývá **čtyřmi hodnotovými řetězci výrobků z těžkého průmyslu** (ocel, cement a beton, plasty, hliník) a jejich **dvěma největšími odběratelskými odvětvími** (výstavba budov a výroba vozidel), které představují nejvýznamnější zdroje průmyslových emisí skleníkových plynů. Pro každý hodnotový řetězec (resp. odvětví) byla identifikována cirkulární opatření, která spadají do dvou kategorií:

- **Opatření na straně nabídky** – která snižují vstupy emisně náročných primárních materiálů prostřednictvím **recirkulace materiálů** (sběr, recyklace, opětovné použití) nebo **nahrazení** nízkouhlíkovými nebo obnovitelnými materiály.
- **Opatření na straně poptávky** – která snižují čistou poptávku po materiálech prostřednictvím **materiálové účinnosti** a **nových obchodních modelů** (jako je prodloužení životnosti výrobků, sdílení, produkt jako služba) v hlavních hodnotových řetězcích.

Hlavní zjištění

Existuje mnoho možných cest a scénářů pro snížení emisí v těžkém průmyslu, které v různém poměru využívají různé kombinace technologií a dekarbonizačních strategií. Nicméně i konzervativnější odhady v mezinárodních studiích, které byly přezkoumány pro účely této studie, naznačují, že **cirkulární ekonomika v těchto odvětvích hraje významnou a nezastupitelnou roli při přechodu na uhlíkovou neutralitu do poloviny století**.

Podle globálních scénářů pro dosažení uhlíkové neutrality mohou cirkulární opatření eliminovat 20–25 % celkových emisí CO2 z těžkého průmyslu do roku 2050. V EU by cirkulární opatření mohla ušetřit nejméně 40 % a v jednom ze scénářů téměř dvě třetiny ročních emisí skleníkových plynů do roku 2050 v klíčových odvětvích těžkého průmyslu.

Zásadní je, že cirkulární strategie mají obecně mnohem nižší investiční nároky než ty, které jsou založeny na nových technologiích zpracování, elektrifikaci nebo zachytávání a ukládání uhlíku (CCU/CCS), přičemž technologie pro realizaci cirkulárních strategií ve většině případů již existují. Vzhledem k velké průmyslové základně české ekonomiky se nabízí jasná příležitost realizovat tato opatření v českém kontextu jako hlavní a nákladově efektivní cestu k dekarbonizaci.

Zatímco aspekty cirkulární ekonomiky se již v českém průmyslu prosazují, jsou stále v omezeném měřítku a orientují se na hlavně na dosažení vyšší úrovně využití a recyklace odpadů v kontextu účinného využívání zdrojů. K plnému využití potenciálu těchto cirkulárních strategií je zapotřebí nejprve zvýšit povědomí o potenciálu CE a lépe kvantifikovat potenciální příspěvky CE k dekarbonizaci jak na straně nabídky, tak i na straně poptávky. Současně je však zapotřebí identifikovat klíčové politické a tržní nástroje a přidělit dostatečné investiční prostředky v poměru k jiným cestám k dekarbonizaci, aby se jednotlivá cirkulární opatření zavedla do praxe. Jednotlivá opatření si totiž žádají výrazné změny v současných obchodních modelech a dlouhodobou spolupráci zúčastněných stran v celém hodnotovém řetězci těžkého průmyslu.

Ocel

Výroba oceli a železa je z pohledu dekarbonizace průmyslu zásadní, neboť se podílí přibližně z 5 % na celkových emisích skleníkových plynů v EU, což z ní dělá největší průmyslový hodnotový řetězec výrobků z hlediska emisí uhlíku. Nejdůležitějšími cirkulárními opatřeními pro dekarbonizaci oceli jsou **zvýšení podílu výroby na bázi šrotu** (využitím elektrických obloukových pecí, EOP) a **optimalizace dlouhodobé čisté spotřeby oceli v konečných aplikacích**, zejména v budovách, dopravě a další infrastruktuře.

Cirkulární scénáře pro ocel naznačují potenciál snížit celosvětovou poptávku po oceli o 20 % až 40 % do roku 2050 ve srovnání se scénářem stávajících politik

a opatření (business-as-usual scénář, dále jen BAU), při současném zajištění identických ekonomických přínosů. V jednom ze scénářů pro EU by se poptávka po oceli snížila do roku 2050 o téměř 30 % (oproti BAU, základnímu scénáři) a výroba EOP na bázi šrotu by dosáhla 70 % celkové výroby (oproti současným 40 %), což by eliminovalo téměř 60 % emisí CO2 z ocelářského průmyslu EU.

V současné době je intenzita emisí z českých oceláren výrazně vyšší, než je průměr EU, což je dáno dominantním (90 %) podílem primární výroby. ČR je také historicky čistým vývozcem ocelového šrotu. To naznačuje **velkou příležitost k dekarbonizaci prostřednictvím přechodu na výrobu převážně založenou na šrotu** při současném využití domácích zásob (zhruba 4 miliony tun v roce 2017). Dvě největší ocelárny v ČR již zahájily investiční plány do projektů EOP. Rozhodující bude však **udržení dostatečné dodávky místního šrotu** a zejména **škálování cenově dostupné výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů** tak, aby tyto projekty představovaly životaschopnou a dlouhodobou cestu k dekarbonizaci.

K identifikaci a realizaci opatření pro maximálně efektivní využití, opětovné použití a recyklaci místního šrotu je zapotřebí aktualizovaná a podrobná analýza materiálových toků pro ocelový šrot v rámci České republiky. Předpokladem zvýšení podílu druhotné výroby oceli v České republice je zajištění pokrytí budoucích energetických potřeb ocelářského průmyslu v dlouhodobých národních energetických koncepcích a strategiích, jakož i zajištění účelové finanční podpory pro cirkulární řešení s cílem modernizace a transformace českého ocelářství a související infrastruktury. Na straně poptávky by měly klíčové zúčastněné strany v tuzemském stavebnictví, automobilovém průmyslu, kovovýrobě a strojírenském průmyslu prozkoumat příležitosti jak k **přechodu na nízkouhlíkovou ocel**, tak i **optimalizovat svou dlouhodobou spotřebu oceli v konečných aplikacích** jakožto součást strategií na snížení nepřímých „Scope 3“ emisí v jejich hodnotovém řetězci.

Cement

Výroba cementu je v kontextu dekarbonizace českého průmyslu dalším klíčovým odvětvím. Zatímco cement tvoří v průměru pouze ~14 % hmotnosti betonu, představuje ~95 % jeho uhlíkové stopy. Přibližně dvě třetiny těchto emisí jsou spojeny s výrobou slínku (kalcinace), který tvoří hlavní složku portlandského cementu. V souvislosti s dekarbonizací se jako nejvýznamnější cirkulární opatření jeví **snížení poměru slínku k cementu**, **nahrazení slínku betonovým prachem formou zpětného získávání ze stavebních a demoličních odpadů (SDO)**, **snížení poměru cementu k betonu v betonových směsích pro specifické aplikace** a **nižší spotřeba betonu při navrhování a výstavby budov** (materiálová účinnost). Pilotně se testují i různé nízkouhlíkové receptury cementu, které by v budoucnu mohly přinést značné úspory CO2. Podle jednoho z ambicióznějších scénářů by mohla cirkulární opatření přinést až 60 % potřebných úspor k dosažení uhlíkové neutrality z výroby cementu v EU do roku 2050.

Emisní faktor výroby slínku v ČR se pohybuje kolem průměru EU (EEA, 2019), přičemž výroba cementu se na národních emisích CO2 podílí přibližně z 2,5 %. Podle Svazu výrobců cementu ČR místní cementárny již dosáhly jednoho z nejvíce dekarbonizovaných energetických mixů v evropském cementářském průmyslu. Obsah slínku v cementu je mírně nad průměrem EU.

Využití hlušiny z bývalých těžebních lokalit by vzhledem k očekávanému poklesu dostupnosti tradičních náhražek slínku s odhadovaným potenciálním objemem více než 500 milionů tun mohlo být v budoucnosti slibným zdrojem pro výrobu cementu. Existuje také značný potenciál pro **škálování recyklace betonu**, a to jak přímo za účelem znovuvyužití betonu, tak pro využití betonového prachu jako další náhrady slínku, což bude podpořeno připravovanou normou EU. Implementace těchto opatření však bude do značné míry záviset jak na změnách v projektování a stavebních postupech, tak i na podpoře poptávky po recyklovaných a nízkouhlíkových cementových a betonových směsích v navazujícím stavebním průmyslu.

Pilotní/demonstrační projekty, investiční podpora na stejné úrovni jako u ostatních energetických a procesně-technologických opatření a aktualizace technických norem umožní širší přijetí těchto alternativních náhrad slínku. Zavedení mechanismů pro stanovení cen cementářských výrobků na základě jejich uhlíkové intenzity by rovněž mohlo podpořit vyšší míru používání nízko emisních cementových a betonových směsí na staveništích.

Plasty

Cirkulární příležitosti ke snížení emisí CO2 v chemickém průmyslu se týkají především plastů. Emise na tunu recyklovaných plastů jsou již nyní v průměru o 80–85 % nižší než u primárních plastů, což představuje obrovský potenciál pro dekarbonizaci. **V současné době se však v EU recykluje pouze 15 % plastového odpadu**, přičemž nedávné studie naznačují, že více než třetina plastového odpadu v EU není evidována.

Snížení spotřeby plastů a rozvoj cirkulárního systému založeného na **modelech opětovného použití**, **maximálním využití a recyklaci** odpadních plastů doplněných o **udržitelné suroviny z biomasy** jsou proto pro dekarbonizaci plastů zásadní. V jednom scénáři pro dosažení uhlíkové neutrality by cirkulární ekonomika mohla do roku 2050 zajistit více než 80 % požadovaného snížení emisí z výroby plastů, a to kombinací snížení poptávky, mechanické recyklace, rozšířené chemické recyklace a produkce plastů na bázi biologických materiálů využívajících udržitelné zdroje biomasy.

Díky nedávným změnám v legislativě týkající se obalů a právně závazných definic recyklace je nyní pohled na nízkou úroveň skutečné recyklace plastového odpadu v České republice realističtější. To naznačuje **velkou příležitost k přechodu na cirkulární systém v nakládání s plasty**, který nejen přispěje k problému nadprodukce plastového odpadu a znečištění, ale také odstraní většinu emisí CO2 z výroby a spotřeby plastů v ekonomice.

Ačkoli je místní míra sběru plastového odpadu vysoká (přibližně 75 % v roce 2020 pro plastové obaly), hlavními současnými překážkami zůstávají nízké náklady a vysoký podíl skládkování, slabá recyklační infrastruktura a neexistence systému zálohování na PET láhve. Počáteční projekty chemické recyklace a bioplastů vyráběných z biologicky rozložitelného odpadu jsou slibným vývojem, který je třeba rozšířit a podpořit. Zároveň je třeba zajistit, aby tento vývoj přinesl významné snížení emisí CO2 ze systému plastů v rámci celého životního cyklu.

Hliník

Hliník má jinou dynamiku než ostatní hodnotové řetězce výrobků. Využití hliníku jako **náhrady oceli pro odlehčení konstrukce aut** a související snížení energetických emisí z provozu vozidel jsou klíčovou hnací silou poptávky po tomto materiálu, a to navzdory vysokým emisím zabudovaným v primárním hliníku. V důsledku toho se zmenšuje prostor pro snížení poptávky po hliníku. Zvýšení jeho spotřeby na vozidlo nicméně může být kompenzováno konstrukčním snížením průměrné velikosti vozidla, intenzivnějším používáním vozidla a prodloužením jeho životnosti.

Emise ze sekundární výroby hliníku mohou dosahovat méně než 5 % emisí z výroby primárního hliníku. **Zvýšení podílu sekundárního hliníku na celkové spotřebě hliníku** (ať už vyrobeného v EU, nebo dovezeného) je tak klíčovou dekarbonizační strategií. Scénář sdružení European Aluminium naznačuje, že zvýšení podílu recyklovaného hliníku na spotřebě v EU na 50 % do roku 2050 by eliminovalo téměř 50 % emisí spojených se spotřebou hliníku v EU.

Přímé emise z neželezných kovů v České republice téměř neexistují. **V dováženém primárním hliníku používaném v tuzemském automobilovém průmyslu a kovovýrobě však může být významné množství tzv. zabudovaných emisí**, které lze dekarbonizovat přechodem na recyklované druhy hliníku. V odlehčování automobilů čelí hliník konkurenci vysokopevnostní oceli dodávané tuzemskými ocelárnami.

V recyklaci hliníkových nápojových plechovek ČR výrazně zaostává – v roce 2019 dosáhla pouze 22% míry recyklace. Materiálové toky těchto obalů jsou přirozeně výrazně nižší v porovnání s průmyslovou aplikací hliníku. Existují však konkrétní opatření, která mohou tento typ materiálu efektivně využít. Vedle plánovaných zlepšení ve sběrné síti EKO-KOM je zavedení systému zálohování obalů mezinárodně osvědčeným způsobem, jak maximalizovat sběr a uzavřít cyklus recyklace.

Stavebnictví

Cirkulární opatření mají rozsáhlé dopady jak na **emise zabudované v materiálech** (především v cementu a oceli), tak na **emise z provozní spotřeby energie** v budovách. Navýšením energetické účinnosti budov a postupnou dekarbonizací energetického mixu lze očekávat postupné snížení provozních emisí budov. Naopak tzv. zabudované emise se stanou postupně dominantní složkou celkové uhlíkové stopy budov už v průběhu příštích 10 až 15 let, a to v souvislosti s používáním vysoce energeticky náročných materiálů, jako je ocel či cement. Existuje široká škála scénářů zabývajících se potenciálem cirkulárních opatření ke snížení zabudovaných emisí. **Použití dřevěných konstrukcí a recyklovaných materiálů** namísto primární oceli a cementu může výrazně snížit související emise. **Prodloužení životnosti budov** prostřednictvím modulární konstrukce nebo renovace může většinově snížit poptávku po materiálech (a souvisejícím zabudovaném uhlíku) pro ekvivalentní projekt novostavby.

Intenzivnější využívání budov by mohlo potenciálně pak eliminovat většinu zbývajících zabudovaných emisí CO2. Podle analýzy pro země G7, kterou publikovala organizace International Resource Panel, by cirkulární opatření mohla rovněž snížit emise ze životního cyklu (obytných) budov o 35–40 % do roku 2050, a to za předpokladu 20% snížení obytné plochy prostřednictvím sdíleného bydlení.

Dekarbonizační opatření pro budovy v České republice se dosud zaměřovala

především na provozní emise. **Nicméně roste povědomí o potřebě udržitelné spotřeby stavebních materiálů**, což odráží hrozící nedostatek základních materiálů, rostoucí požadavky na zelené veřejné zakázky a požadavky EU na podávání zpráv o udržitelnosti, podle kterých budou muset developeři i stavební firmy rovněž měřit a snižovat zabudované emise ve svých budovách.

Recyklace stavebních materiálů roste, ale stále ji brzdí obavy o kvalitu, bezpečnost a nedostatek transparentních údajů o materiálových tocích SDO. Je vnímána potřeba **jasně definovaného „recyklačního mixu" druhotných stavebních materiálů**, které jsou schváleny k použití ve stavebnictví. Dřevěné konstrukce ve vícepodlažních budovách jsou stále omezeny normami požární ochrany. Existuje velký potenciál pro renovace budov, které by prodloužily životnost stavebního fondu a snížily spotřebu nových stavebních materiálů, ale nedostatečná ochrana půdy a implementace pravidel územního plánování nadále podporují výstavbu na zelené louce. Možnými způsoby, jak podpořit rozvoj cirkulárnějšího využívání se stavebních materiálů, je zavedení minimálních požadavků na recyklovaný obsah ve veřejných zakázkách na vybrané stavební výrobky a materiály a minimálních prahových hodnot pro úroveň zabudovaných emisí v nových budovách. Trendy udržitelnosti a dekarbonizace s sebou přinášejí mnoho komplexních výzev a zejména v odvětvích stavebnictví a nemovitostí si situace žádá jednotný postup a trvalou mezioborovou spolupráci v celém hodnotovém řetězci.

Automobilový průmysl

Cirkulárními opatřeními a strategiemi lze dosáhnout významného snížení jak emisí zabudovaných v materiálech používaných při výrobě automobilů (ocel, plasty, hliník), tak i provozních emisí ze spalování paliv. K nejrelevantnějším opatřením v oblasti cirkulární ekonomiky patří **intenzivnější využívání** (sdílení jízd nebo sdílení automobilů), **odlehčování** (včetně zmenšování vozidel) a **prodlužování životnosti vozidel**.

Hodnocení konkrétních opatření ke snížení obsahu uhlíku ve vozidlech však vyvolává složité otázky týkající se dlouhodobé výrobní strategie a inovací při výrobě a užívání vozidel, které přesahují rámec této studie.

S přechodem vozového parku na elektromobilitu a jiná alternativní paliva bude kladen stále větší důraz na dekarbonizaci materiálového cyklu automobilů. Scénáře pro rok 2050 naznačují potenciální snížení emisí díky cirkulárním opatřením až o 70 % v případě zabudovaných emisí ve vozidlech v EU a zemích G7. V případě emisí skleníkových plynů z životního cyklu v zemích G7 jde až o 40% snížení.

V českém a středoevropském kontextu je v současné době integrace mezi CE a strategiemi dekarbonizace výroby vozidel omezená. Postupně však roste tlak na výrobce aut, aby implementovali plány pro přechod na uhlíkovou neutralitu, včetně Scope 3 emisí z průmyslových materiálů v hodnotovém řetězci.

Recyklace materiálů z vozidel s ukončenou životností je v České republice omezena roztříštěným odvětvím zpracování vozidel s ukončenou životností, šrotovacími postupy, které vedou k downcyklaci (znehodnocení materiálu), nedostatkem údajů o původu materiálu a nejasným právním rozlišením mezi odpadem a druhotnými surovinami. Existuje **velký nevyužitý potenciál pro opětovné použití, repasování a recyklaci** použitých autodílů a materiálů prostřednictvím online digitálních obchodních platforem.

Výrobci aut v současné době nejsou ekonomicky motivováni k prodloužení životnosti vozidel nebo k přechodu na menší a lehčí vozidla, ale existuje možnost zavést ekonomické pobídky, které by zvýšily poptávku po menších, energeticky účinnějších vozidlech, jaká se používají například v Dánsku. Příležitost k dekarbonizaci díky modelům sdílení automobilů je v počáteční fázi a výrobci automobilů mají obavy z negativních reputačních dopadů z důvodu rychlejšího opotřebení. Škálování systému **sdílení automobilů se zapojením výrobců aut by mohlo zvýšit míru využití vozového parku, rozšířit příjmy výrobců o výnosy z poprodejních služeb a vytvořit pobídky k prodloužení životnosti vozidel.**

Závěry a doporučení

Jak je v této studii uvedeno, CE musí být nedílnou součástí plánů na snižování emisí z výroby těžko dekarbonizovatelných průmyslových materiálů a ze sektorů, které je spotřebovávají. V Zelené dohodě pro Evropu je úloha CE v této oblasti popsána jen implicitně. Roli cirkulární ekonomiky v rámci klimatické politiky, včetně dekarbonizace průmyslu, je tak třeba dále podporovat a její potenciální

dopad na snižování emisí explicitně řešit v EU, na národní úrovni i v dekarbonizačních strategiích jednotlivých odvětví.

Na úrovni EU je třeba větší provázání mezi CEAP 2.0, Průmyslovou strategií EU a energetickým a klimatickým balíčkem „Fit for 55“. Klíčové parametry posílené úlohy CE v klimatické politice průmyslových odvětví byly komplexně popsány think tankem Agora Industry ve studii „Mobilising the circular economy for energy intensive materials“ (březen 2022). Jeho doporučení pro vytvoření vysoce cirkulárních a materiálově účinných trhů s těmito materiály v EU jsou shrnuty níže:

Legislativní agenda EU k provádění CEAP 2.0 se nyní formuje. Návrhové nařízení o ekodesignu udržitelných výrobků (ESPR), který byl předložen v březnu 2022, představuje významný krok k tomu, aby se

Trh a politika vytváření poptávky	Strategie podporující maximální nabídku vysoce kvalitních recyklovaných materiálů
1. Rozšířit využívání kvót na recyklovaný obsah na širší soubor plastových výrobků (nejen na PET láhve); na ocel, hliník a plasty ve vozidlech; a na cement a beton používaný ve veřejných stavebních zakázkách. 2. Omezit zabudované emise stavebních materiálů v nových budovách, vozidel a obalů. 3. Účinněji mobilizovat ceny uhlíku: Zahrnout spalování odpadů do systému obchodování s emisemi (EU ETS), postupně přejít od bezplatného přidělování k plnému dražení a zavést mechanismus uhlíkového vyrovnání na hranicích (CBAM), aby se posílily cenové signály pro recyklované materiály. 4. Reformovat produktové normy pro materiály s cílem odstranit stávající překážky inovacím v oblasti nízkoemisních nebo recyklovaných materiálů (zejména u betonu a plastů), a to na evropské úrovni a v případě potřeby i na úrovni národní. 5. Zakázat vývoz odpadu z EU do zemí, které nepřijaly stejně přísné recyklační cíle a postupy.	6. Přezkoumat měření míry recyklace, zejména pro plasty s ukončenou životností, na základě „zdola nahoru“ analytických metodik s cílem zachytit aktuálně nezapočítané odpadní plasty a zrevidovat stávající recyklační ukazatele a cíle. 7. Masivně rozšířit podporu průlomových technologií k provádění cirkulární ekonomiky a nových způsobů výroby primárních materiálů pro energeticky náročný průmysl. 8. Vyžadovat přijetí nejlepší praxe v oblasti infrastruktury pro sběr odpadů a nejlepších dostupných technologií třídění materiálu na recyklačních zařízeních, včetně přetřídění směsného odpadu po sběru za účelem získání a odeslání k recyklaci až 75 % objemu plastových odpadů, které lze ve směsném odpadu recyklovat. 9. Označovat, zdanit nebo zakázat neefektivní způsoby využívání materiálů, a nakládání s odpady, včetně nadměrného používání obalů, prodeje výrobků s krátkou životností, spalování nevytříděného plastového odpadu a šrotování vozidel před odstraněním obsahu mědi.

Zdroj: Agora Industry (2022): Mobilising the circular economy for energy-intensive materials. How Europe can accelerate its transition to fossil-free, energy-efficient and independent industrial production, Chapter 3. Nine policy options for the European Green Deal.

staly udržitelné výrobky v EU normou, včetně snížení zabudovaných emisí v konečných výrobcích, ačkoli legislativní a následné provádění bude složitý a sporný proces a konkrétní odvětvová opatření budou zaváděna v průběhu šesti let (2024–2030). V případě stavebních materiálů a obalů revize nařízení o stavebních výrobcích (CPR) a připravovaný návrh na revizi směrnice o obalech a obalových odpadech (PPWD) rovněž zavedou posílená opatření na podporu opětovného použití, recyklace a recyklovaného obsahu výrobků.

Rozvíjející se rámec EU pro udržitelné finance rovněž usnadní začlenění cirkulárních opatření do dekarbonizačních plánů a projektů na úrovni průmyslových odvětví a jednotlivých podniků. Druhá fáze Taxonomie EU, která má nabýt účinnosti v roce 2023, bude definovat podrobná kritéria na udržitelné investice pro čtyři zbývající cíle Taxonomie včetně přechodu na cirkulární ekonomiku. V rámci nadcházející směrnice o podání zpráv o udržitelnosti podniků (CSRD) budou velké společnosti (40 mil. Kč obratu a/nebo 250 a více zaměstnanců) povinny (od roku 2025, pro rok 2024 finanční rok) vykazovat svůj výkon, cíle a strategie mimo jiné v oblasti využívání zdrojů a cirkulární ekonomiky a nepřímých emisí skleníkových plynů ve Scope 3. Výsledkem je, že společnosti působící v hlavních odběratelských odvětvích průmyslových materiálů si budou stále více uvědomovat existenci zabudovaných emisí v těchto materiálech a potřebu tyto emise snižovat přechodem na nízkouhlíkové alternativy a/nebo opatřeními ke snížení jejich spotřeby.

Ačkoli tyto iniciativy jsou zatím ve fázi návrhu, směry a obrysy politiky EU jsou jasné a národní vlády a zúčastněné strany průmyslu by se na ně měly začít připravovat. Tento proces zahrnuje podporu a advokacii pro přijetí politik a opatření, která urychlují cesty k dekarbonizaci prostřednictvím CE, a aktivní účast na veřejných konzultacích, pracovních skupinách a programech výzkumu, vývoje a inovací (VaVaI), jako jsou Horizon Europe. Zástupci vlády a průmyslu by měly aktivně vyhodnocovat předpisy, které omezují používání zpětně získaných odpadů a recyklovaných materiálů, a přezkoumat vnitrostátní normy pro výrobky, aby se zvýšilo využívání druhotných surovin. Jak ve veřejném, tak i soukromém zadávání zakázek by měly být přijaty a zavedeny procesy, pravidla a kritéria pro zajištění toho, aby cirkularita výrobků a řešení byla v co největší míře upřednostňována.

Ve stavebnictví je třeba posílit pravidla územního plánování, aby byly podpořeny projekty brownfieldů a renovace stávajícího stavebního fondu, a to nejen ke zlepšení energetické účinnosti, ale také ke snížení úrovně zabudovaných emisí ve budovách. Požární předpisy by měly být opět přezkoumány, revidovány, a nakonec rozšířeny, aby podporovaly rozsáhlé dřevěné konstrukce ve vysokých budovách. Dřevo by mělo být zařazeno na seznam strategických/kritických surovin s ohledem na jeho využití jako nízkouhlíkový materiál ve stavebnictví a chemickém průmyslu, mimo jiné.

V české národní politice by měly cesty CE k dekarbonizaci průmyslu být formálně začleněny do klíčových národních strategií a akčních plánů. Tam v současné době leží příležitost zdůraznit a posílit roli CE jako součásti klimatické politiky v rámci vývoje Českého akčního plánu pro cirkulární ekonomiku na období 2022–2027, další aktualizace. Politiky druhotných surovin a případného vypracování samostatné průmyslové politiky ČR pro období let 2021–2030 s výhledem do roku 2050,

mimo jiné. Cirkulární strategie by měly být rovněž zahrnuty do aktualizace Vnitrostátního plánu České republiky v oblasti energetiky a klimatu (VPEK) v souvislosti se zvýšenými ambicemi na snižování emisí do roku 2030 v rámci balíčku EU „Fit for 55“.

Vzhledem k synergiím mezi agendami CE, klimatické politiky a digitalizace (včetně Průmyslu 4.0/5.0) by cirkulární opatření měla dostávat přiměřenou úroveň investiční podpory ve srovnání s technologiemi a procesy k dekarbonizaci primární průmyslové výroby. Ačkoli financování CE je zahrnuto v pilíři Fyzické infrastruktury a zelené tranzice Národního plánu obnovy a také v operačním programu OP TAK, v současné době tvoří toto financování méně než 5 % z celkové alokace finančních prostředků v obou případech. Existuje jasný argument pro intenzivnější pobídky a větší důraz na opatření související s CE v rámci evropských i národních dotačních programů zaměřených na dekarbonizaci průmyslu. Klíčové oblasti podpory by měly zahrnovat: průlomové cirkulární průmyslové technologie (roadmapu těchto technologií aktuálně připravuje Evropská komise), školení a poradenství pro malé a střední podniky, sběr odpadů a technologie pro třídění materiálů podle nejlepších dostupných praktik, projekty na získávání surovin z oblastí bývalé těžby, recyklace SDO, dřevěné a modulární stavby a digitální technologie přispívající ke zvýšení cirkularity a materiálové účinnosti.

Úspěšný přechod na uhlíkově neutrální cirkulární ekonomiku v průmyslu bude vyžadovat trvalý a jednotný postup, jakož i spolupráci napříč celým hodnotovým řetězcem a mezi příslušnými sektorovými organizacemi. Zejména je zapotřebí seskupit zúčastněné strany pod záštitou platformy, která se bude věnovat strategické koordinaci různých aspektů přechodu na cirkulární ekonomiku v českém stavebnictví a realitním sektoru. Mezi ně patří např. podpora dřeva jako obnovitelného stavebního materiálu; cirkulární design, modulární konstrukce a odlehčování budov; podpora cirkulárních renovací a prodloužení životnosti budov; zavádění a interoperabilita digitálních nástrojů (BIM, pasportizace, digitální stavební deníky, Level(s), virtuální materiálové banky), využívání technik selektivní demolice, škálování recyklace SDO a začleňování recyklace druhotných (recyklovaných) stavebních materiálů do běžné praxe.

1

Úvod

Obsah

Pozadí — 21
Cíl výzkumu — 25
Rozsah a definice — 26
Výzkumný přístup — 29
Současný stav znalostí — 31

Pozadí

Cirkulární ekonomika a dekarbonizace průmyslu – globální a evropské souvislosti

Množství ročních celosvětových emisí skleníkových plynů (GHG) kontinuálně stoupá v důsledku rostoucí spotřeby fosilních paliv, změn ve využívání půdy a dalších antropogenních zdrojů emisí, které vedou ke zvyšování zásob skleníkových plynů v atmosféře a nárůstu průměrné globální teploty ve srovnání s předindustriální érou o 1,1–1,3 °C. Podle současné trajektorie se svět do konce tohoto století oteplí o 2,1–3,5 °C ve srovnání s rokem 1850. Globální povrchová teplota se přitom naposledy udržovala na úrovni o 2,5 °C nebo vyšší než v letech 1850–1900 před více než 3 miliony let.[1]

Otázka změny klimatu je do značné míry problémem energetiky. Většina debat se točí okolo emisí souvisejících s energií, například spalování fosilních paliv v automobilech, dodávek elektřiny a tepla domácnostem či uhelných elektráren dodávajících energii průmyslu. Tato přísně energeticky zaměřená debata zdůrazňuje potřebu podstatně navýšit objem obnovitelných zdrojů energie, urychlit vyřazování uhlí z elektráren, urychlit renovace i opatření na zvýšení energetické účinnosti budov. Mezi další opatření patří důraz na energetickou účinnost průmyslových provozů nebo podpora zavádění elektromobilů. Toto zaměření je pochopitelné a vysoce relevantní vzhledem k tomu, že emise související s energetikou jsou zodpovědné za více než 55 % celosvětových emisí.[2]

Méně se diskutuje o emisích vznikajících při výrobě materiálů, které se na globálních emisích skleníkových plynů podílejí stejně významně jako zemědělství, lesnictví a využívání půdy. Celosvětově vzrostl podíl emisí skleníkových plynů z výroby materiálů – pevných materiálů včetně kovů, dřeva, stavebních minerálů a plastů – v období 1995–2015 z 15 % na 23 % (Hertwich, 2019). Tyto emise související s materiály se často označují také jako **„zabudovaný uhlík“**, protože k jejich výrobě bylo nutné spálit velkou část fosilních paliv a/nebo se do atmosféry uvolnilo velké množství CO2 ze souvisejících průmyslových procesů (procesní emise). Hlavními zdroji těchto emisí jsou energeticky náročná průmyslová odvětví, jako je primární výroba **oceli, cementu, chemikálií** a **hliníku**, a hlavní odběratelská odvětví, která tyto materiály spotřebovávají, včetně **budov** a **vozidel**.

Způsob nakládání s materiály v hospodářství je středem zájmu **cirkulární ekonomiky (CE)**, koncepce, jejímž cílem je zachovat co nejvyšší hodnotu materiálů a výrobků po celou dobu jejich životnosti. Zatímco v minulosti se politika a praxe v oblasti CE zaměřovaly převážně na nakládání s odpady, klíčová úloha CE v dekarbonizaci průmyslu (prostřednictvím recirkulace a náhrady materiálů, materiálové účinnosti a cirkulárních obchodních modelů) byla prozkoumána, kvantifikována a je stále více uznávána prostřednictvím rostoucího počtu mezinárodních výzkumů.[3]

Závazek Evropské unie vůči CE a jejímu potenciálu přispět ke zmírnění změny klimatu je patrný z **nového Akčního plánu pro cirkulární ekonomiku** (CEAP 2.0), který je součástí **Zelené dohody pro Evropu**. Celkovým cílem EU v oblasti klimatu je snížit do roku 2030 emise skleníkových plynů o 55 % ve srovnání s rokem 1990 a do roku 2050 dosáhnout uhlíkové neutrality. V návaznosti na svůj politický balíček **„Fit for 55“** z července 2021, který zvyšuje klimatické ambice v odvětvích energetiky, stavebnictví a dopravy a v celkovém politickém rámci EU, představila Evropská komise na konci března 2022 první „balíček k cirkulární ekonomice“ (v rámci CEAP 2.0). Ten zahrnoval soubor návrhů na podporu udržitelné výroby a cirkulární ekonomiky vyráběného zboží, včetně rozšířeného **nařízení o ekodesignu udržitelných výrobků** (zahrnujícího mimo jiné energeticky náročné průmyslové materiály) a revidovaného **nařízení o stavebních výrobcích**.

Po úplném provedení (do roku 2030) mají tyto návrhy potenciál výrazně zvýšit spotřebu druhotných (recyklovaných) surovin a podpořit materiálovou účinnost při navrhování výrobků, a to jak v Evropě, tak ve vývozních regionech obchodujících s EU. Začátkem dubna byla rovněž představena navrhovaná revize **směrnice o průmyslových emisích (IED)**. Druhý balíček týkající se cirkulární ekonomiky je sice opožděn, ale očekává se, že bude přijat do konce roku 2022, a to s návrhy revidované **směrnice o obalech a obalových odpadech (PPWD)**, revidovaných pravidel pro chemické látky podle nařízení REACH, harmonizované metodiky EU pro posuzování životního cyklu výrobků (LCA) a dalších opatření týkajících se bioplastů, kompostovatelných plastů a mikroplastů.

CE a dekarbonizace průmyslu ve střední a východní Evropě – případ České republiky

Přestože existuje stále více studií ilustrujících souvislost mezi CE a skleníkovými plyny, stejně jako je zřejmý závazek EU k CE, zkoumání tohoto potenciálu v jednotlivých zemích zůstává omezené, zejména v členských státech EU ve střední a východní Evropě (CEE).

Pro **Českou republiku**, která je třetí uhlíkově nejnáročnější ekonomikou EU v přepočtu na obyvatele[4] a druhou nejprůmyslovější zemí EU[5], představuje dekarbonizace velkou výzvu z pohledu nákladů a načasování přechodu k uhlíkově neutrální ekonomice. České republice se sice podařilo v letech 1990 až 2019 snížit emise o 38 %[6], její klimatické ambice v posledních letech byly však poměrně nízké. Podle platného **Vnitrostátního plánu České republiky v oblasti energetiky a klimatu (VPEK)**, národní strategie pro snižování emisí skleníkových plynů v souladu s Pařížskou dohodou a právními předpisy EU v oblasti klimatu, měly obnovitelné zdroje energie do roku 2030 dosáhnout pouze 22 % spotřeby energie (oproti celkovému cíli EU ve výši 32 %) a do roku 2040 se neuvažovalo o výrazném snížení průmyslových emisí. Tyto cíle budou v rámci požadavků balíčku „Fit for 55“ podstatně zvýšeny.

CE je již nyní uznávána jako nedílná součást širší agendy environmentální politiky pro průmysl, což se odráží v programovém prohlášení **Svazu průmyslu a dopravy ČR** o prioritách a požadavcích týkajících se životního prostředí na rok 2022.[7] V prohlášení se mimo jiné požaduje přijmout opatření na podporu odvětví recyklace (včetně chemické recyklace a recyklace stavebních materiálů) a využívání druhotných surovin a vedlejších produktů, a to i prostřednictvím daňových nebo přímých pobídek pro recyklované výrobky a recykláty; zelených veřejných zakázek jako zdrojů osvědčených postupů; a dotací v operačních programech. Vyzývá rovněž k tomu, aby byly identifikovány význam a úloha průmyslových odvětví, která naplňují zásady cirkulární ekonomiky, a aby byly odpovídajícím způsobem zohledněny v příslušných národních politických a strategických plánovacích dokumentech. Úloha CE jako cesty k dekarbonizaci průmyslu však není výslovně uvedena.

Bylo již vypracováno několik studií a scénářů dekarbonizace českého průmyslu zaměřených na cesty související s energetikou a procesními technologiemi, které jsou nákladné a v krátkodobém až střednědobém horizontu poměrně obtížně škálovatelné.[8] Obecně se nezabývají úlohou materiálové účinnosti a opatřeními v oblasti CE kromě zdůraznění významu recyklace, zejména v ocelářství. Poznatky dostupné z mezinárodních studií jsou často nedostatečně podrobné nebo obtížně použitelné pro jednotlivé členské státy, protože jejich geografický rozsah je většinou globální nebo se zaměřují na EU jako celek.

Jinými slovy, úloha cirkulárních opatření, která by mohla zajistit podstatné snížení emisí v těžkém průmyslu střední a východní Evropy a v České republice, zůstává nedostatečně definována. Vyplnění této mezery je přitom zásadní vzhledem k odhadovaným nižším investičním nákladům na cirkulární opatření související s dekarbonizací. V porovnání se západoevropskými státy disponuje region střední a východní Evropy s menším investičním kapitálem pro investice spojené s přechodem na uhlíkovou neutralitu. Když připočteme rostoucí veřejný dluh v důsledku pandemie COVID-19, překotně rostoucí ceny energií v důsledku konfliktu na Ukrajině, rostoucí náklady na emisní

povolenky a obecně skeptičtější pohled na klimatickou agendu, všechny tyto faktory činí z CE vysoce relevantní dekarbonizační strategii, kterou je třeba v České republice a širším regionu střední a východní Evropy systematicky prosazovat.

Tato studie byla dokončena v červenci 2022, kdy se Česká republika ujala svého půlročního předsednictví v Radě EU. **Strategická odolnost** hospodářství EU je jednou z pěti tematických priorit předsednictví, která odráží současnou závislost Evropy na dovozu fosilních paliv a akutní rizika pro konkurenceschopnost, jimž čelí její energeticky náročná odvětví. Patří sem závazek podporovat „účinnější cirkulární ekonomiku, [která] přispěje ke snížení potřeby dovozu primárních materiálů“.[9]

Ačkoli je studie zaměřena na český průmysl, má být také shrnutím současného stavu mezinárodního výzkumu na toto téma a jako taková i relevantním příspěvkem k širší evropské debatě o dekarbonizaci průmyslu. V souvislosti s českým předsednictvím EU autoři doufají, že posílí rostoucí povědomí o této významné příležitosti průmyslové a klimatické politiky nejen „na domácí scéně“, ale i v celé Evropské unii (studie je vydána také v angličtině).

Dlouhodobé scénáře uvedené v této studii se vedle současných naléhavějších problémů mohou zdát vzdálené dnešní realitě. CE však nabízí řešení, z nichž mnohá jsou dostupná již nyní. Přispívají ke zkrácení dodavatelských řetězců u jednotlivých materiálů, snížení spotřeby energie, snížení spotřeby materiálů, zachování vzácných přírodních zdrojů či zvrácení úbytku biologické rozmanitosti, přitom podporují nákladově efektivním způsobem i úsilí o dekarbonizaci těžkého průmyslu.

Cíl výzkumu

Hlavním cílem této studie je **podnítit diskusi o CE a jejím potenciálu ke snížení emisí skleníkových plynů v českém těžkém průmyslu**. Naší ambicí je, aby diskuse vedla k investicím dalších zdrojů do této málo prozkoumané a potenciálně nákladově efektivní cesty dekarbonizace. Naším záměrem proto není komplexně zachytit celou složitost CE, natož se pokoušet o modelování emisních scénářů. Jako jedna z prvních výzkumných prací v České republice, která se zabývá tímto specifickým tématem napříč více sektory, máme za cíl spíše vzbudit zájem o další zkoumání a v konečném důsledku motivovat k realizaci vhodných opatření v oblasti CE.

Projekt byl realizován v následujících třech fázích:

Fáze 1 – výzkum a analýza:
Identifikace, přehled a syntéza nejnovějších poznatků z mezinárodních studií o úloze, kterou může CE hrát při dekarbonizaci průmyslu. Identifikace klíčových průmyslových odvětví a potenciál nejslibnějších dekarbonizačních opatření cirkulární ekonomiky. Nalezení shodných závěrů napříč studiemi a aplikace těchto poznatků na český průmysl.

Fáze 2 – aktivace a validace:
Spolupráce s klíčovými zástupci odvětví s cílem ověřit závěry z první fáze. Identifikace potenciálu a překážek zavádění identifikovaných cirkulárních opatření.

Fáze 3 – šíření a komunikace:
Šíření klíčových zjištění mezi relevantní tvůrce politik a/nebo širší (odborné) publikum. Identifikace a komunikace klíčových doporučení a vymezení oblastí pro další výzkum.

Rozsah a definice

Definice cirkulární ekonomiky

Cirkulární ekonomika je složitý koncept a stále neexistuje všeobecná shoda na jeho přesném rozsahu a definici. Zjednodušeně řečeno můžeme rozlišovat mezi užším rozsahem CE, který se zaměřuje na využívání odpadů a efektivní využívání zdrojů, a širším pohledem, který zahrnuje také modely sdílení a služeb. Z mnoha dostupných definic CE jsme v této studii použili jako referenční rámec definici OECD[10], která rozlišuje následujících pět klíčových obchodních modelů (tj. širší pohled):

1. **Cirkulární modely dodávek**, které nahrazují tradiční materiálové vstupy pocházející z primárních surovin materiály na biologické bázi, obnovitelnými nebo zpětně získanými materiály.

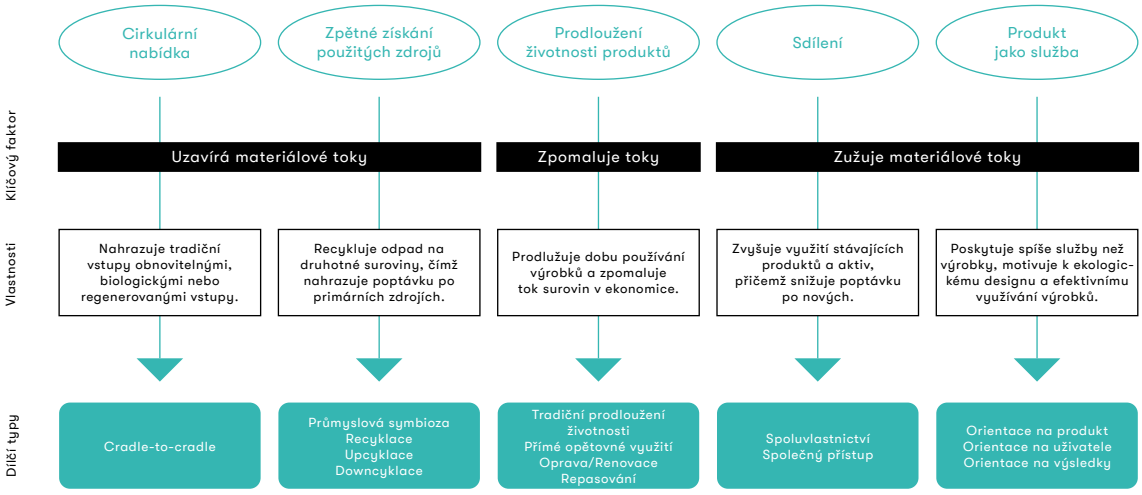
2. **Modely zpětného získání použitých zdrojů**, které recyklují odpad a šrot na druhotné suroviny, čímž odklánějí odpad od konečné likvidace a zároveň nahrazují poptávku po těžbě a zpracování primárních surovin.

3. **Modely prodlužování životnosti výrobků**, jako jsou opravy a repasování, které prodlužují dobu používání stávajících výrobků, zpomalují tok materiálů, z nichž se skládají, v ekonomice, snižují míru těžby surovin a zabraňují vzniku odpadů.

4. **Modely sdílení**, které usnadňují sdílení nedostatečně využívaných produktů a snižují poptávku po nových produktech.

5. **Modely „produkt jako služba“**, kde se na trh uvádějí spíše služby než výrobky, což zlepšuje pobídky pro navrhování ekologických výrobků a jejich účinnější používání.

Užitečná jednodušší definice, kterou navrhla poradenská firma Material Economics, zahrnuje „pod pojem ‚cirkulární ekonomika‘ jakoukoli možnost poskytnout stejnou ekonomickou službu s menším množstvím primárního materiálu“.[11]



Některé zdroje zkoumané v této studii označují výše popsané modely cirkulární ekonomiky jako „materiálovou účinnost“. Příslušní autoři tento termín používají jako souhrnný kategoriální termín pro jednotlivé cirkulární strategie. Vzhledem k této skutečnosti považujeme termíny „materiálová účinnost“ a „cirkulární ekonomika“ za různé termíny pro stejné nebo podobné strategie. Výsledkem každého modelu jsou pak cirkulární opatření či strategie, které konkrétněji popisují případné jednotlivé kroky (např. maximalizace druhotné výroby oceli prostřednictvím vyššího sběru šrotu). Tato opatření slouží k přesnému určení potenciálu CE při snižování emisí skleníkových plynů v příslušných průmyslových odvětvích.

Rozsah odvětví

Vzhledem k zaměření studie na emise skleníkových plynů je hlavním referenčním rámcem pro pokrytí průmyslu oddíl 2 klasifikace údajů inventury skleníkových plynů UNFCCC pro **„průmyslové procesy a použití produktů“**, který zahrnuje následující kategorie:

- 2.A Těžební průmysl
- 2.B Chemický průmysl
- 2.C Kovoprůmysl
- 2.D Neenergetické produkty z paliv a použití rozpouštědel
- 2.E Elektronický průmysl
- 2.F Použití výrobků jako náhrad za látky poškozující ozonovou vrstvu
- 2.G Výroba a použití jiných výrobků
- 2.H Ostatní

Jak je podrobně popsáno v následující kapitole, nejvyšší emise skleníkových plynů v této kategorii v České republice pocházejí z:

- 2.C – Kovoprůmysl (40 %, převážně výroba železa a oceli)
- 2.F – Použití výrobků jako náhrad za látky poškozující ozonovou vrstvu (24 %, z chlazení a klimatizace)
- 2.A – Těžební průmysl (20 %, převážně výroba cementu a vápna)
- 2.B – Chemický průmysl (13 %, zejména petrochemie a výroba čpavku)

Zahrnuty jsou také emise v oddíle 1.A.2 pro **spalování paliv ve zpracovatelském průmyslu a stavebnictví**. Ty jsou generovány podobnými odvětvími, i když v rozdílných poměrech:

- 1.A.2.f – Nekovové nerosty (28 %)
- 1.A.2.c – Chemikálie (20 %)
- 1.A.2.a – Železo a ocel (15 %)
- Ostatní zpracovatelský průmysl a stavebnictví (38 %)

Tento obrázek se do značné míry shoduje s odvětvími „těžkého průmyslu“, která jsou obvykle zahrnuta v mezinárodních studiích zabývajících se tímto tématem, tj. s hodnotovými řetězci železa a oceli, cementu a chemikálií (včetně plastů) – sektorů obecně náročných na dekarbonizaci. Některé studie navíc zahrnují hliník vzhledem k jeho vysoké uhlíkové náročnosti v případě primární výroby. Na straně poptávky jsou největšími navazujícími segmenty pro tyto materiály v mezinárodním měřítku i v České republice stavebnictví a automobilový průmysl. V této studii jsme přezkoumali stejné hodnotové řetězce výrobků a odběratelské sektory.

Ačkoli se jedná o významnou kategorii emisí, „použití produktů jako náhrad za látky poškozující ozonovou vrstvu“ není zahrnuto, protože v mezinárodních zprávách nebyly nalezeny žádné významné údaje. Dalšími odvětvími, která jsou často zahrnuta do mezinárodních výzkumů CE v souvislosti s emisemi skleníkových plynů, jsou zemědělství a potravinářský průmysl nebo nakládání s odpady. Ačkoli jsou tato odvětví důležitá, nejsou zde zahrnuta, protože jsou mimo oblast našeho současného zájmu – těžký průmysl. Ze stejného důvodu nezahrnujeme ani odvětví využívání půdy, změny ve využívání půdy a lesnictví (LULUCF), které je z hlediska výpočtu emisí skleníkových plynů rovněž složitější.

Údaje o emisích skleníkových plynů

Jak je uvedeno výše, údaje o emisích pro Českou republiku a srovnání s EU jsou převzaty z databáze inventarizace skleníkových plynů UNFCCC, přičemž jsou použity poslední dostupné roční údaje (2019).[12]

Výzkumný přístup

Fáze 1
Výzkum a analýza

Abychom identifikovali klíčová odvětví, materiály a relevantní strategie a opatření CE na mezinárodní úrovni a jejich potenciální uplatnění v českém průmyslu, provedli jsme následující kroky:

1. Shromáždění příslušných podkladových informací, studií a reportů.

→ Vytvořili jsme seznam potenciálně relevantních studií, dokumentů a reportů ze dvou hlavních zdrojů:

- Think tanky, mezinárodní organizace, poradenské společnosti (Agora Industry, Circle Economy, Ellen McArthur Foundation, Material Economics, McKinsey, IEA, OECD, Systemiq, WEF atd.) a průmyslové asociace.
- Vědecké databáze (Google Scholar, Science Direct, Web of Science atd.).

→ Poté jsme vytvořili pracovní seznam studií na základě tří výběrových kritérií:

- Průsečík mezi CE a dekarbonizací.
- Kvantifikované údaje o potenciálu CE ke snížení emisí skleníkových plynů.
- Zaměření se na průmysl a oblasti zájmu těžkého průmyslu.

→ V průběhu celého projektu jsme prověřili více než 100 studií, reportů a článků a vybrali přibližně 40 k dalšímu přezkoumání. **Z těchto 40 studií tvoří přibližně polovinu nové studie publikované po ukončení počáteční fáze výzkumu.**

2. Identifikace a důkladné prozkoumání nejvýznamnějších mezinárodních studií.

→ Pro posouzení mezinárodních trendů jsme vybrali **8** studií či reportů ze **4** hlavních zdrojů (Agora Industry, IEA, IRP, Material Economics), které pokrývají více odvětví a většinou úzce souvisejí s cíli naší studie. Kromě toho byly pro jednotlivá odvětví přezkoumány také četné studie specifické pro dané odvětví. Poté jsme se zaměřili na klíčové scénáře a závěry těchto analýz jako základ pro identifikaci klíčových materiálů, odvětví a cirkulárních strategií použitelných pro český průmysl.

3. Předběžné posouzení cílových průmyslových odvětví v České republice.

→ Na základě identifikovaného potenciálu a jednotlivých cirkulárních opatření pro dekarbonizaci jsme provedli předběžný přehled cílových hodnotových řetězců výrobků a klíčových odběratelských odvětví

v národním kontextu na základě veřejně dostupných údajů v době přípravy tohoto dokumentu, a to za účelem shrnutí:

- Základních charakteristik jednotlivých odvětví v České republice.
- Současného zaměření domácí dekarbonizační agendy.
- Stavu klíčových cirkulárních strategií dekarbonizace v České republice.
- Klíčových oblastí pro další hodnocení.

Fáze 2 Aktivace a ověřování

Poté jsme uspořádali čtyři pracovní skupiny/diskuse s více než 25 klíčovými zástupci místního průmyslu, které se zaměřily na dvě odvětví na straně nabídky (**ocelářství, cementářství)** a dvě odběratelská odvětví (**automobilový průmysl, stavebnictví**), včetně:

- **Ocel**: Ocelářská unie, která zastupuje výrobce oceli v České republice.
- **Cement**: Svaz výrobců cementu ČR, ČEZ (největší česká energetická firma, zaměřená na vedlejší produkty z výroby energie), TVAR COM (strojírenství), Česká podnikatelská rada pro udržitelný rozvoj, Lafarge.
- **Výstavba budov**: Česká komora autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT), AZS 98 (sdružení pro recyklaci), Skanska, Metrostav, KKCG, ČVUT, Univerzitní centrum energeticky efektivních budov (UCEEB), Jakub Cígler Architects, Karel Goláň.
- **Automobilový průmysl**: ŠKODA AUTO (přibližně 10 zástupců se zaměřením na funkce v oblasti udržitelnosti).

Poznatky z těchto skupin a následná zpětná vazba byly zapracovány do studie.

Struktura studie

V kapitole 2 uvádíme přehled profilu emisí skleníkových plynů v cílových průmyslových odvětvích v České republice, nastiňujeme současné národní politické rámce pro dekarbonizaci a cirkulární ekonomiku a shrnujeme některé nedávné scénáře dekarbonizace průmyslu publikované soukromým sektorem nebo nevládními organizacemi. V kapitole 3 uvádíme důkladný přehled jednotlivých průmyslových odvětví, rozdělený na hodnotové řetězce výrobků na straně nabídky a odběratelská odvětví. Zde nejprve zdůrazňujeme potenciál cirkulární ekonomiky pro dekarbonizaci průmyslu a související opatření vyplývající z mezinárodních studií, poté podáváme přehled o stavu diskuse o dekarbonizaci a dekarbonizačních strategiích v rámci CE v těchto odvětvích v České republice. V každé části, stejně jako ve shrnutí, vyvozujeme předběžné závěry z tohoto úvodního přehledu včetně oblastí pro podrobnější vyhodnocení v dalším výzkumu.

Současný stav znalostí

V posledních dvou desetiletích se rozvíjí akademický výzkum věnující se potenciálu cirkulární ekonomiky nebo strategiím „materiálové účinnosti“, které snižují poptávku po primárních surovinách v průmyslových odvětvích. Na základě tohoto dřívějšího výzkumu a s využitím vlastních modelů dlouhodobých scénářů se řada rozsáhlejších hodnocení zveřejněných v posledních několik letech poradenskými společnostmi, technickými instituty a mezinárodními organizacemi snažila ilustrovat a kvantifikovat potenciální příspěvek CE ke snižování průmyslových emisí a prokázat jeho význam pro přechod na čistou nulu.

Studie zabývající se úlohou cirkulární ekonomiky při dekarbonizaci průmyslu

Pro účely této studie jsme provedli rešerši literatury zabývající se zmíněným průnikem témat CE a dekarbonizace. Rešerši lze obecně rozdělit do čtyř typů studií, jak je popsáno níže.

Analýza průmyslových odvětví v kapitole 3 vychází zejména z následujících studií čtvrté kategorie, které využívají modelování a analýzu dlouhodobých scénářů k přímému řešení úlohy CE v dekarbonizaci v různých zájmových odvětvích.

Typ studie	Příklad	Charakteristika
1 / Výzkumné práce a posouzení životního cyklu konkrétních výrobků/procesů	Akademické výzkumné práce a články týkající se jednotlivých materiálů, procesů nebo konkrétních průmyslových odvětví.	Podrobné posouzení určitého segmentu výrobků nebo skupiny výrobků.
2 / Metaanalýzy předchozích výzkumných studií	Quantifying the benefits of circular economy actions on the decarbonisation of EU economy (Trinomics, prosinec 2018) Saving resources and the climate? A systematic review of the circular economy and its mitigation potential (listopad 2020)	Přezkum předchozích studií i vlastních analýz provedených jinými organizacemi a vyhodnocení srovnatelnosti a použitelnosti výsledků studie.
3 / Bílé knihy nebo politicko-analytické dokumenty, které vycházejí z předchozích výzkumných studií	Completing the picture – How the Circular Economy Tackles Climate Change (EMF, Material Economics, září 2019) Think 2030 – A low-carbon and circular industry for Europe (EMF, IEEP, 2021)	Komunikace hlavních scénářů a důležitých sdělení pro tvůrce dlouhodobého směřování a jednotlivých politik o možnostech dekarbonizace díky cirkulárním opatřením s příklady dekarbonizačního potenciálu z předchozích studií.
4 / Velké víceodvětvové výzkumné analýzy s dlouhodobými scénáři dekarbonizace	Vytvoření vlastních modelů poptávky a životního cyklu na základě široké škály předchozích výzkumných studií a zdrojů dat s cílem vypracovat dlouhodobé scénáře a odhady potenciálu dekarbonizace díky opatřením v oblasti CE v různých průmyslových odvětvích na mezinárodní úrovni (hlavní zaměření této kapitoly).	

Vzhledem k tomu, že se na tyto dokumenty ve studii opakovaně odkazuje, jsou pro jejich citaci v textu použity zkratky zdrojů, jak je uvedeno v tabulce níže.

Kromě výše uvedených zpráv pro více odvětví byl v posledních 1–2 letech zveřejněn rostoucí počet analýz pro jednotlivá odvětví, které se stále více zaměřují na plány a scénáře dosažení uhlíkové neutrality do

Název	Vydavatel	Měsíc/rok	Zkratka zdroje
Mobilising the circular economy for energy-intensive materials. How Europe can accelerate its transition to fossil- free, energy-efficient and independent industrial production	Agora Industry (ve spolupráci s Material Economics)	03/2022	AGR
Energy Technology Perspectives 2020	International Energy Agency (IEA)	09/2020	IEA:1
Iron & Steel Technology Roadmap		10/2020	IEA:2
Material Efficiency in Clean Energy Transitions		03/2019	IEA:3
Achieving Net Zero Heavy Industry Sectors in G7 Members		05/2022	IEA:4
Resource Efficiency and Climate Change – Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future	International Resource Panel (IRP)	11/2020	IRP
The Circular Economy – A Powerful Force for Climate Mitigation	Material Economics	06/2018	ME:1
Industrial Transformation 2050 – Pathways to Net-Zero Emissions from EU Heavy Industry		04/2019	ME:2

Odvětvový rozsah a pokrytí vybraných studií:

Studie	Strana nabídky				Strana poptávky	
	Ocel	Chemikálie/ Plasty	Cement	Hliník	Stavebnictví	Mobilita
AGR	++	++	++	++	+	+
IEA:1	++	++	++	–	++	–
IEA:2	++	–	–	–	+	++
IEA:3	++	–	++	++	++	++
IEA:4	+	+	+	–	+	+
IRP	+	+	+	+	++	++
ME:1	++	++	++	++	++	++
ME:2	++	++	++	–	+	+

++ Podrobné hodnocení + Souhrnné hodnocení

roku 2050. Na tyto studie jsou ve zprávě podle potřeby uvedeny jednotlivé odkazy. **Úplný seznam dokumentů relevantních pro tuto studii (zveřejněných do konce června 2022) je uveden v příloze 1.**

Jednotlivé studie využívají různé rámce scénářů k ilustraci dopadu cirkulárních opatření. Některé (IEA, ME:2) porovnávají budoucí (např. 2050) „základní" emisní scénář, který odráží současné politiky nebo referenční technologie, s ambicióznějším „nízkouhlíkovým" scénářem, který se zabývá dodatečným snížením emisí potřebným k omezení globálního oteplování na 1,5 nebo 2 °C. V některých případech je dopad cirkulárních strategií zahrnut v rámci tohoto „nízkouhlíkového" scénáře, v jiných případech je uveden jako přírůstkový „cirkulární" scénář, který má ilustrovat dodatečný dopad cirkulárních opatření ve srovnání s nízkouhlíkovým scénářem, zohledňujícím především jiné cesty dekarbonizace (například nízkouhlíkovou nebo bezuhlíkovou energii, CCUS nebo jiné nové procesní technologie). V kapitole 3 používáme pro rozlišení těchto tří typů scénářů standardizované pojmy „základní", „nízkouhlíkový" a „cirkulární". Níže je shrnut přehled rámců dekarbonizačních scénářů použitých v jednotlivých studiích.

Přehled rámců scénářů dekarbonizace použitých autorem/vydavatelem:

Vydavatel	Rámcový scénář
Agora Industry	Na základě modelování, které poskytla společnost Material Economics, studie odhaduje dodatečný potenciál snížení emisí CO2 v **EU** díky zvýšené cirkulární a materiálové účinnosti podle materiálů (ocel, hliník, cement/beton, plasty) a navazujících výrobních odvětví (budovy, vozidla, plastové obaly) do roku **2030** a **2050** ve srovnání s výchozím stavem „business-as-usual" (BAU).
International Energy Agency	Poskytuje **globální** scénáře pro **hlavní průmyslové řetězce a odběratelská odvětví** materiálů v různých časových horizontech (**2045, 2050, 2070**) a porovnává základní scénář s celkovým nízkouhlíkovým nebo čistě uhlíkově neutrálním scénářem, který zahrnuje jak cirkulární opatření („materiálová účinnost"), tak další strategie dekarbonizace. Jedna studie (IEA:3) zahrnuje samostatnou „**variantu materiálové účinnosti**", která dosahuje stejného snížení emisí jako v nízkouhlíkovém scénáři tím, že snižuje rozsah technologických změn a místo toho posouvá cirkulární strategie až na jejich praktické hranice.
International Resource Panel	Zaměřuje se na **bydlení** a **automobily v zemích G7** do roku **2050**. Neobsahuje žádný základní scénář pro rok 2050 pro současné trendy, pouze tři různé nízkouhlíkové scénáře. Dopad cirkulárních opatření (označovaných jako „materiálová účinnost") je uveden jako další možnost zmírnění dopadů nad rámec nízkouhlíkových scénářů. Na rozdíl od jiných studií analýza IRP modeluje dopad cirkulárních opatření na emise celého životního cyklu, nikoli pouze na emise „materiálového cyklu" nebo „zabudované" emise.
Material Economics	První studie (ME:1) na toto téma obsahuje scénáře **EU pro hlavní hodnotové řetězce průmyslových materiálů a odběratelská odvětví** do roku **2050**. Neobsahuje žádný základní scénář pro rok 2050 pro současné trendy, pouze nízkouhlíkový scénář. Dopad cirkulárních opatření je uveden jako dodatečná možnost zmírnění dopadů nad rámec nízkouhlíkového scénáře. Druhá studie (ME:2) má podobný průmyslový a geografický rozsah (EU), ale podobně jako IEA porovnává základní scénář emisí do roku 2050 se třemi na čistou nulu (nové procesy, cirkulární ekonomika a zachycování uhlíku), které zahrnují jak cirkulární opatření, tak další strategie dekarbonizace v různém poměru.

Vzhledem k rozdílům v technikách modelování, zdrojích dat, předpokladech, geografickém rozsahu a časovém rámci scénářů nejsou výsledky vybraných studií přímo srovnatelné. I přes tyto rozdíly a z nich vyplývající rozpětí odhadů poskytují přesvědčivou ilustraci potenciálního rozsahu příspěvku CE ke zmírnění průmyslových emisí CO2 a podporují tak hlavní cíl této studie – **podnítit diskusi o CE a jeho potenciálu ke snížení emisí skleníkových plynů v českém těžkém průmyslu**.

Souhrnně se tyto studie zaměřují na **čtyři hodnotové řetězce výrobků těžkého průmyslu** (ocel, chemikálie a plasty, cement, hliník) a jejich **dvě největší odběratelská odvětví** (výstavba budov, automobily nebo lehká užitková vozidla), které představují hlavní zdroje průmyslových emisí skleníkových plynů. Cirkulární příležitosti dekarbonizace pro každý hodnotový řetězec a odvětví a související „opatření CE pro dekarbonizaci" spadají do dvou kategorií dopadu:

- **Opatření na straně nabídky**, která snižují vstupy uhlíkově náročných primárních materiálů prostřednictvím **recirkulace materiálů** (využití, recyklace a opětovné použití) nebo **nahrazením** nízkouhlíkovými nebo obnovitelnými materiály nebo surovinami.
- **Opatření na straně poptávky**, která snižují čistou poptávku po materiálech prostřednictvím **efektivního využívání materiálů** a **nových obchodních modelů** (jako je prodloužení životnosti výrobků, sdílení a modely systému služeb pro výrobky) v hlavních hodnotových řetězcích.

Je třeba zdůraznit, že **existuje mnoho možných cest k dosažení cílů snížení emisí v těžkém průmyslu**, které využívají různé kombinace technologií a dekarbonizačních strategií v různém poměru. Nicméně na základě přezkoumávaných studií **je CE nepostradatelnou součástí tohoto celkového portfolia pro zmírňování emisí**. V následující diskusi se s ohledem na cíl výzkumu zaměřujeme na příspěvek CE v rámci předložených scénářů a zdůrazňujeme „cirkulární cestu" v případech, kdy je definováno více scénářů.

Důležité je, že cirkulární strategie či opatření mají obecně mnohem nižší investiční nároky než ty, které jsou založeny na nových technologiích zpracování, elektrifikaci nebo zachytávání a ukládání uhlíku (CCU/CCS), přičemž technologie pro jejich realizaci ve většině případů již existují.[13]

K plnému využití potenciálu těchto cirkulárních cest je třeba řešit především nedostatečné povědomí, politickou podporu, potřebu jednotného přístupu a trvalé spolupráce, jakož i zásadní změny základních obchodních modelů v celém hodnotovém řetězci těžkého průmyslu.

---

1 | Climate Change 2021 – The Physical Science Basis (IPCC, říjen 2021).

2 | Completing the Picture: How the Circular Economy Tackles Climate Change (Ellen MacArthur Foundation, Material Economics, 2019), s. 13.

3 | Material Economics (2018, 2019, 2022), EMF (2019), IEA (2020, 2022), International Resource Panel (2020), Eunomia (2021), SYSTEMIQ (2021, 2022), Agora Industry (2022), Circle Economy (2022) a další.

4 | Emise skleníkových plynů na obyvatele (Eurostat, 2020).

5 | Podíl průmyslu na hrubé přidané hodnotě (Eurostat, 2020).

6 | Celkové emise skleníkových plynů v zemi bez LULUCF (inventář UNFCCC).

7 | Programové prohlášení Svazu průmyslu a dopravy ČR – Životní prostředí 2022, říjen 2021.

8 | Viz diskuse v kapitole 2 této zprávy.

9 | České předsednictví v Radě Evropské unie – priority (červen 2022).

10 | Business Models for the Circular Economy – Opportunities and Challenges for Policy (duben 2019)

11 | The Circular Economy – a Powerful Force for Climate Mitigation (Material Economics, 2018), s. 24.

12 | Údaje z inventur skleníkových plynů – podrobné údaje podle smluvních stran (UNFCCC). Další podrobnosti podle dílčích kategorií jsou uvedeny v dokumentu „Roční inventura skleníkových plynů v Evropské unii 1990–2019 a inventarizační zpráva 2021" (EEA, květen 2021).

13 | Viz Agora Industry (AGR, 2022, kapitola 1).

2

Český průmysl a agenda dekarbonizace

Obsah

Přínos průmyslu pro českou ekonomiku — 39

Současný profil emisí skleníkových plynů českého průmyslu — 40

Stav dekarbonizační agendy pro český průmysl — 43

Vládní politika přechodu na cirkulární ekonomiku — 45

Stávající scénáře dekarbonizace českého průmyslu — 46

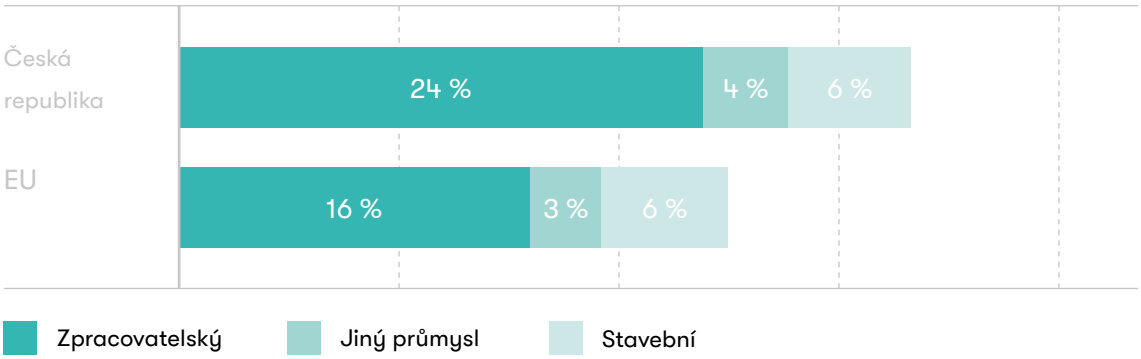
Česká ekonomika je druhou nejprůmyslovější v EU[5] se silným podílem ocelářství, kovovýroby, automobilového, petrochemického a stavebního průmyslu. V porovnání s průměrem EU má obzvláště vysoký podíl emisí skleníkových plynů z emisně náročné energetiky a z odpadů v důsledku vysoké míry skládkování. Zatímco emise z průmyslu se od roku 1990 celkově snížily o 60 %, emise z průmyslových procesů a používání výrobků se snížily pouze o 10 %. Na emise z výroby železa a oceli, nekovových minerálů (zejména cementu) a chemikálií připadá 70 % průmyslových emisí, přičemž emise z výroby železa, oceli a petrochemie jsou z hlediska podílu na celkových emisích EU obzvláště významné.

Současné politické dokumenty a národní strategie české vlády postrádají podrobný plán dekarbonizace průmyslu a zabývají se problematikou CE především v kontextu účinného využívání zdrojů a nakládání s odpady, nikoli ve spojení s dekarbonizací. Studie dekarbonizace českého průmyslu v soukromém sektoru sice uznávají potenciální roli CE, ale ve svých modelových scénářích uvažují (kromě přechodu na druhotnou výrobu oceli) pouze o cestách souvisejících s energetickými a procesními technologiemi. Do budoucího plánování a plánů dekarbonizace českého průmyslu by měly být formálně začleněny cirkulární strategie na straně nabídky i poptávky.

Přínos průmyslu pro českou ekonomiku

Historicky se česká ekonomika do značné míry spoléhala na průmyslovou výrobu poháněnou emisně náročným energetickým systémem s vysokým podílem výroby elektřiny z uhlí. I dnes, po restrukturalizaci a částečné deindustrializaci hospodářství po roce 1989, je česká ekonomika druhou nejprůmyslovější v EU. Zpracovatelský průmysl a stavebnictví se v roce 2020 společně podílely 34 % na celkové zaměstnanosti[14] a 30 % na hrubé přidané hodnotě (HPH) ekonomiky[15], což je výrazně nad průměrem EU-27, který činí 22 %[16]. Stavebnictví se na tvorbě hrubé přidané hodnoty podílelo 6 % a zpracovatelský průmysl 24 %, přičemž mezi vedoucí pododvětví patřila montáž automobilů (5 %), výroba kovových konstrukcí a výrobků (3 %) a výroba strojů a zařízení (2 %).[17]

Podíl hrubé přidané hodnoty podle odvětví průmyslu (2020)



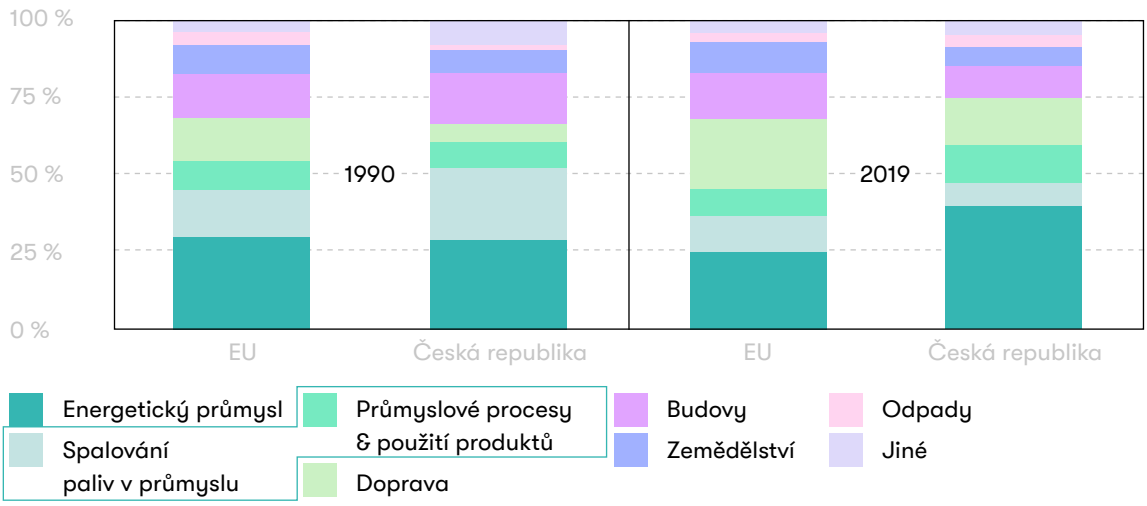
Zdroj: Eurostat.

Současný profil emisí skleníkových plynů českého průmyslu

Celkové emise skleníkových plynů z české ekonomiky v ekvivalentu CO2 (CO2eq), s výjimkou využívání půdy, změn ve využívání půdy a lesnictví (LULUCF), klesly od roku 1990 o 38 %, ze 197 na 123 Mt CO2eq v roce 2019. **Emise související s energetikou**, které se na celkovém objemu v roce 2019 podílely 76 %, se mezi lety 2009 a 2019 snížily o 16 %, což odráží menší roli uhlí v energetice. Hlavním rozdílem ve struktuře emisí české ekonomiky ve srovnání s EU však zůstává její vysoký podíl z energetických odvětví; uhlí se v roce 2019 stále podílelo na domácí výrobě energie polovinou.[18] Naopak relativně větší podíl na emisích v EU mají odvětví dopravy, budov a zemědělství. Nad průměrem EU (3,3 %) je také podíl emisí z odvětví odpadů v ČR (4,3 %), který zahrnuje fázi ukončení životnosti průmyslových materiálů, což odráží vysoký podíl skládkovaného komunálního odpadu v zemi (48 %, téměř dvojnásobek průměru EU).[19]

Průmysl (zde definovaný jako spalování paliv v průmyslu[20] plus průmyslové procesy a použití produktů s výjimkou energetického průmyslu) se v roce 2019 podílel na celkových emisích České republiky o něco více než 20 %, z toho 7,6 % na spotřebě energie (spalování paliv) a 12,6 % na procesech a použití produktů, což je nepatrně méně než celkový podíl EU ve výši 21 %, a to v důsledku vysokého podílu energetického sektoru. Emise skleníkových plynů z průmyslu v zemi klesly od roku 1990 v absolutním vyjádření o více než 60 %. Většina tohoto snížení však připadá na spotřebu energie (snížení o 80 %), zatímco snížení emisí z procesů „náročných na dekarbonizaci“ a používání výrobků se snížilo o méně než 10 %.

Struktura celkových emisí skleníkových plynů, porovnání EU a České republiky

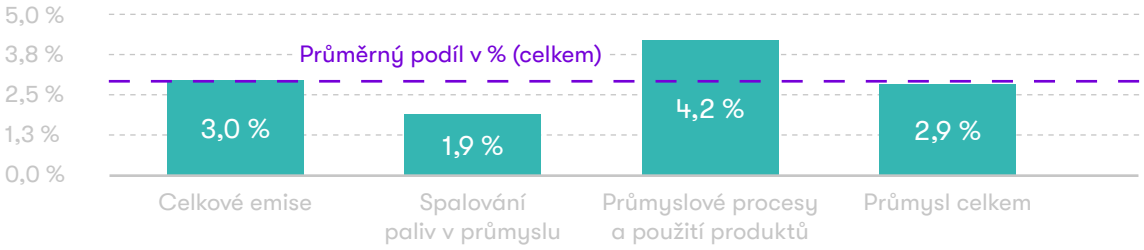


Zdroj: Údaje z inventury skleníkových plynů UNFCCC, bez LULUCF (2019).

Ve všech odvětvích dohromady se Česká republika podílí 3 % na **celkových** emisích skleníkových plynů v EU. Má podobný podíl na celkových emisích **průmyslu** v EU, nižší podíl emisí ze spalování paliv v průmyslu, ale výrazně vyšší podíl emisí z průmyslových procesů a použití produktů.

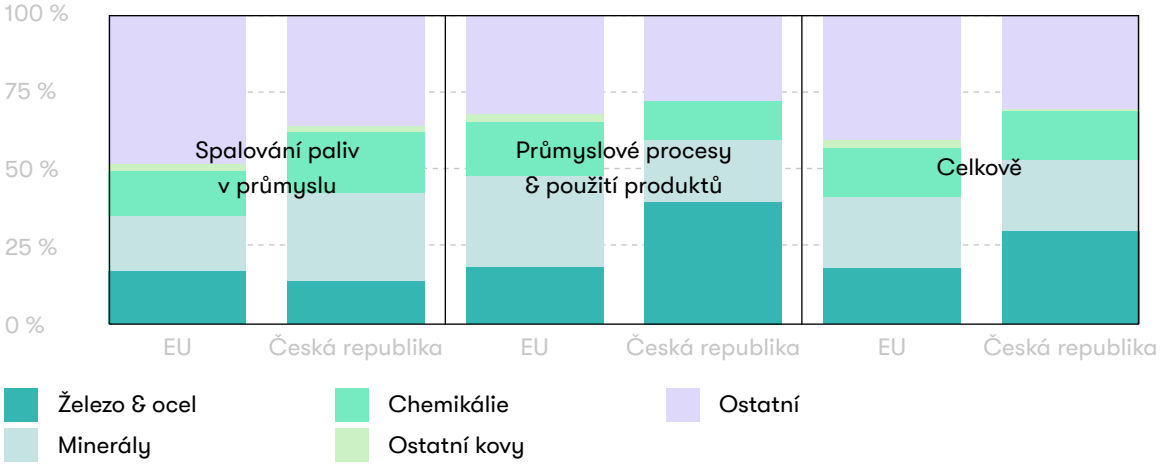
V souladu s mezinárodními trendy se na celkových **průmyslových** emisích skleníkových plynů v České republice podílejí ze 70 % tři pododvětví – **výroba železa a oceli, nekovové nerostné suroviny a chemický průmysl**, což je o 10 % více než ve stejné skupině v EU. V pododvětví nerostných surovin více než dvě třetiny emisí pochází z **výroby cementu**, zbytek z výroby vápna a jiného procesního využití uhličitanů. V pododvětví chemických látek pochází polovina emisí z **petrochemie a výroby sazí**, které poskytují vstupy pro výrobu primárních plastů a pryže. Téměř žádné emise nejsou vykázány v případě hliníku nebo jiných neželezných kovů, protože v zemi neexistuje žádná primární výroba hliníku. Přesto je v dovozu hliníkových výrobků užívaných v automobilovém průmyslu a dalších odvětvích spotřebovávajících kovy zabudováno významné množství emisí. Mezi „ostatními“ průmyslovými pododvětvími jsou téměř všechny emise generovány náhradami látek poškozujících ozonovou vrstvu (ODS), především fluorovaných uhlovodíků (HFC) používaných v chladicích a klimatizačních zařízeních.

Podíl České republiky na emisích skleníkových plynů v EU v % (2019)



Zdroj: Údaje z inventury skleníkových plynů UNFCCC, bez LULUCF (2019).

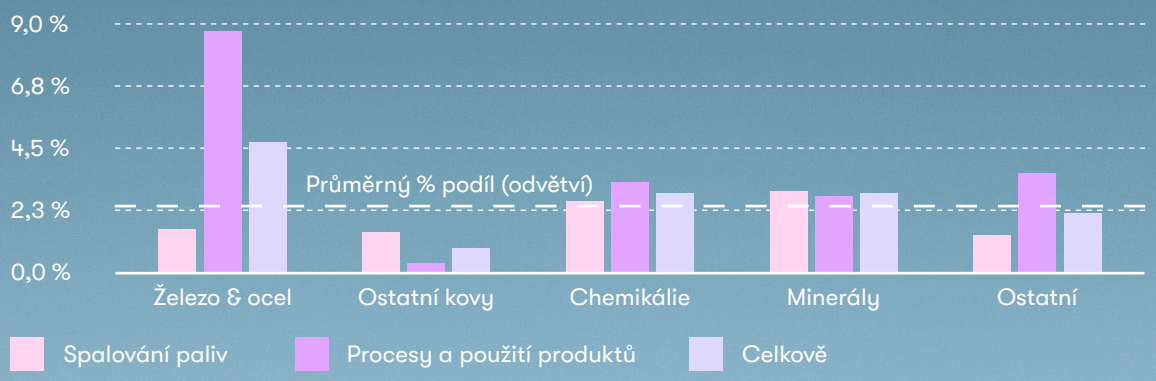
Struktura emisí skleníkových plynů v průmyslu, srovnání EU a České republiky



Zdroj: Údaje z inventury skleníkových plynů UNFCCC, bez LULUCF (2019).

plynů v EU odpovídají emise z chemického a nerostného pododvětví České republiky jejímu celkovému podílu na průmyslových emisích v EU (2,9 %). Pododvětvím s podílem výrazně vyšším, než je celkový průměr průmyslu, jsou emise z procesů a použití produktů výroby **železa a oceli** a **petrochemie a výroby sazí** (~9 %, resp. ~7 % celkových emisí EU).

Podíl České republiky na průmyslových emisích skleníkových plynů v EU podle pododvětví (2019)



Zdroj: Údaje z inventury skleníkových plynů UNFCCC, bez LULUCF (2019).

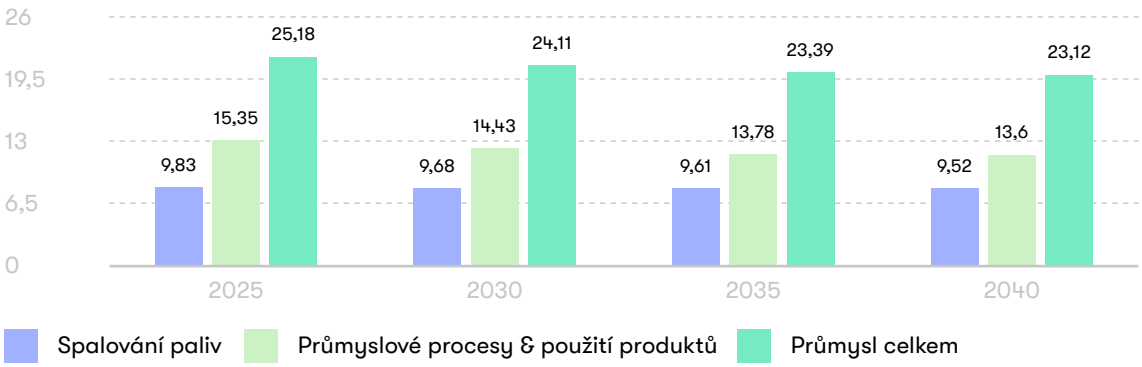
Stav dekarbonizační agendy pro český průmysl

Strategie České republiky v oblasti změny klimatu se řídí několika klíčovými politickými dokumenty včetně **Národního akčního plánu adaptace na změnu klimatu**, **Politiky ochrany klimatu** a **Státní politiky životního prostředí**. Stejně jako v případě ostatních členských států EU byla národní strategie snižování emisí skleníkových plynů v souladu s Pařížskou dohodou a legislativou EU v oblasti klimatu zahrnuta do českého **Vnitrostátního plánu České republiky v oblasti energetiky a klimatu (VPEK)**, který byl zveřejněn v listopadu 2019. Projekce emisí skleníkových plynů ve VPEK vycházely ze závazků stanovených v balíčku EU „Čistá energie pro všechny" z roku 2018. Ty byly od té doby nahrazeny **klimatickým plánem** EU do **roku 2030**, který má být realizován v rámci **balíčku „Fit for 55"**. VPEK nezohledňoval výrazné snížení průmyslových emisí ani z energetiky, ani z procesů a použití produktů a byl použit pouze scénář „se stávajícími opatřeními" (WEM).

VPEK také dále neanalyzoval emise z průmyslu, pouze uvedl, že „dosažení klimatických a energetických cílů ve zpracovatelském průmyslu, který zahrnuje například ocelářský, chemický, keramický, cementářský, sklářský, papírenský, cihlářský a vápenný průmysl, je samostatnou a velmi složitou otázkou. Tato průmyslová odvětví mají v tomto ohledu obzvláště významný potenciál a tato skutečnost by měla být zohledněna v rámci tvorby národních strategií a politik. [...] Předpokladem je urychlené vytvoření samostatné průmyslové politiky České republiky na období 2021–2030 s výhledem do roku 2050, která bude toto odvětví řešit komplexně."

Ministerstvo průmyslu a obchodu (MPO) následně v září 2020 zpracovalo předběžný report pro průmyslové subjekty v rámci **Studie o dekarbonizaci ekonomiky v České republice**, která se zaměřuje na energetiku, metalurgii, výrobu nekovových minerálních výrobků a chemický a papírenský průmysl.[21] Poskytuje předběžné posouzení potenciálních dopadů Zelené dohody

Projekce průmyslových emisí skleníkových plynů v českém VPEK (Mt CO2eq)



Zdroj: Vnitrostátní plán České republiky v oblasti energetiky a klimatu (listopad 2019).

pro Evropu na český průmysl a zabývá se současným stavem a potenciálními možnostmi dekarbonizace ve výše uvedených průmyslových odvětvích, která pokrývají ~65 % národních emisí skleníkových plynů. Zkoumá scénáře snižování emisí založené na různých úrovních cen emisních povolenek (50, 80 a 100 EUR za tunu) a také scénář nulových emisí. Studie Industrial Transformation 2050 od Material Economics je jedním z citovaných zdrojů pro ocel a cement. Přínos cirkulární ekonomiky je stručně zdůrazněn v souvislosti se snížením emisí u těchto dvou materiálů, především v oblasti recyklace a příležitostí pro tyto materiály v zelených technologiích a infrastruktuře, jako jsou železnice, turbíny, elektromobily a zelené budovy, ale není podrobněji zkoumán. Jinak studie předpokládá, že objemy výroby hlavních produktů zůstanou na úrovni blízké současné a bez výrazných změn v konkurenčním prostředí EU.

V průběhu roku 2020 česká vláda rovněž zveřejnila aktualizovaný **Národní akční plán čisté mobility** a **Dlouhodobou strategii renovace budov**, jak to vyžaduje energetická a klimatická politika EU. První z nich definuje politiky, podpůrné mechanismy a cíle pro rozšíření vozových parků a související infrastruktury pro elektromobily a alternativní paliva, aby se snížily provozní emise skleníkových plynů z odvětví dopravy, zatímco druhá strategie je klíčovou součástí programu energetické účinnosti a stanoví cíle pro snížení provozní spotřeby energie (a souvisejících emisí) z budov. Žádný z dokumentů nestanovuje konkrétní cíle snižování emisí ani se nezabývá emisemi obsaženými v materiálech spotřebovávaných v těchto odvětvích. **Strategie renovace nicméně nepřímo podporuje prodloužení životnosti budov, což je jedno z hlavních cirkulárních opatření pro dekarbonizaci výstavby budov**.

V lednu 2021 byla přijata revidovaná **Státní politika životního prostředí 2030** včetně výhledu do roku 2050. Jedním z jejích strategických cílů je **přechod k uhlíkové neutralitě**, ale související politická opatření a cíle se celkově i pro průmysl zaměřují výhradně na čistou a obnovitelnou energii, energetickou účinnost a zavádění nízkouhlíkových procesních technologií. Naproti tomu vedlejší cíl přechodu **na cirkulární ekonomiku** klade důraz na program účinného využívání zdrojů a nakládání s odpady, který zahrnuje efektivní nakládání se surovinami, výrobky a odpady, snížení materiálové náročnosti hospodářství, maximalizaci prevence vzniku odpadů a dodržování hierarchie nakládání s odpady.

V únoru 2022 zadalo Ministerstvo průmyslu a obchodu společnosti Deloitte Advisory vypracování **posouzení finančních a investičních dopadů balíčku „Fit for 55“** na hlavní odvětví české ekonomiky se zvláštním zaměřením na energeticky náročná odvětví. Předběžné výsledky, které byly prezentovány na červnovém zasedání Rady vlády pro udržitelný rozvoj, ukázaly, že pro splnění zvýšených cílů v oblasti energetiky a emisí skleníkových plynů pro rok 2030 (55 % snížení emisí skleníkových plynů v roce 2030 ve srovnání s rokem 1990 v průmyslových odvětvích, 43 % snížení v roce 2030 ve srovnání s rokem 2005 v odvětvích budov a dopravy a 31 % podíl obnovitelných zdrojů v energetickém mixu) je třeba navýšit investice o 10 % oproti investicím již plánovaným v rámci stávajícího VPEK.[22]

Vládní politika přechodu na cirkulární ekonomiku

Před vydáním revidované Státní politiky životního prostředí podporovaly aspekty přechodu na cirkulární ekonomiku dva zásadní strategické dokumenty – **Politika druhotných surovin ČR** (poprvé zveřejněná v roce 2014 a aktualizovaná v roce 2019 na období 2019–2022) a **Plán odpadového hospodářství ČR 2015–2024 s výhledem do roku 2035**. Ten byl v lednu 2022 revidován s ohledem na požadavky balíčku EU k cirkulární ekonomice z roku 2018, související změny v odpadové legislativě ČR (účinné od ledna 2021) a zvýšený důraz na cirkulární ekonomiku. Potenciál snižování emisí skleníkových plynů v důsledku předcházení vzniku odpadů a využívání druhotných surovin je sice stručně zmíněn, ale ani jeden z dokumentů tuto souvislost ve své aktuální verzi dále nezkoumá.

V České republice donedávna chyběla specializovaná strategie nebo plán cirkulární ekonomiky. **Strategický rámec cirkulární ekonomiky („Maximálně cirkulární Česko v roce 2040“)**, který se od roku 2018 připravoval ve spolupráci s OECD,[23] byl zveřejněn v listopadu 2021. Dokument poskytuje komplexní rámec pro národní politiku cirkulární ekonomiky, porovnává situaci v EU a v jednotlivých zemích a definuje politické priority a typy intervencí pro **deset prioritních oblastí** (viz graf). Stanovuje také vazby na Strategický rámec ČR 2030, Státní politiku životního prostředí, Národní plán obnovy a odolnosti a další národní politické a strategické dokumenty. **Průmysl je součástí jedné prioritní oblasti, spolu se surovinami, stavebnictvím a energetikou**. V dokumentu je řada odkazů na emise skleníkových plynů v souvislosti se spotřebou a využíváním materiálů, ale není mezi nimi vytvořena systematická vazba. Ministerstvo životního prostředí (MŽP) v současné době vypracovává první **akční plán** (pokrývající období 2022–2027) pro implementaci rámce, který má být dokončen ve 3.–4. čtvrtletí 2022.

Zdroj: Strategický rámec cirkulární ekonomiky České republiky 2040 (MŽP, listopad 2021).

Stávající scénáře dekarbonizace českého průmyslu

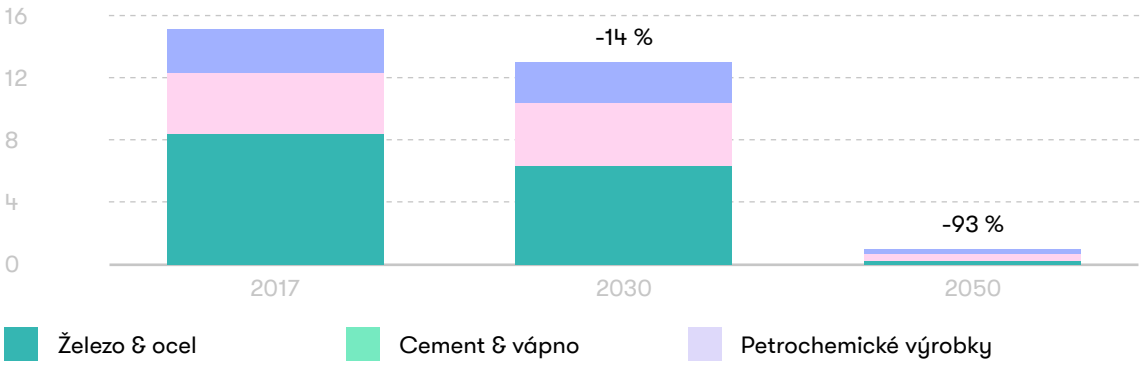
Od přijetí VPEK bylo poradenskými společnostmi, think tanky nebo nevládními organizacemi zveřejněno několik nezávislých scénářů dekarbonizace české ekonomiky, které reagovaly na zvýšené ambice, k nimž se zavázala EU v rámci klimatického plánu do roku 2030, konkrétně na závazek snížit emise skleníkových plynů o 55 % do roku 2030 a dosáhnout uhlíkové neutrality do roku 2050. Přehled čtyř těchto scénářů a jejich pokrytí průmyslu je shrnut níže.

Klimaticky neutrální Česko – Cesty k dekarbonizaci ekonomiky (McKinsey & Company, listopad 2020)

Zpráva se zabývá všemi odvětvími české ekonomiky včetně kapitoly o průmyslu. Autoři uznávají, že existuje více možných cest k dosažení uhlíkové neutrality, ale předkládají to, co považují za „nákladově optimální cestu“ k dosažení tohoto cíle s minimálními celkovými náklady pro společnost. Scénář byl vypracován s využitím vlastního souboru nástrojů (McKinsey's Decarbonization Pathways Optimizer), který vychází z více než 500 obchodních případů pokrývajících všechna odvětví, přičemž základním rokem pro údaje o emisích byl rok 2017. V horizontu roku 2030 je hlavním dekarbonizačním opatřením uplatněným u tří hlavních průmyslových pododvětví elektrifikace procesů, především v ocelářství (EOP). V horizontu do roku 2050 se předpokládá především technologický posun: v případě oceli k EOP a DRI-EOP s využitím bioplynu, zemního plynu s CCS nebo zeleného vodíku; v případě cementu a vápna k vytápění biomasou a CCS; a v případě ethylenu k nahrazení krakovacích zařízení na naftu elektrickými krakovacími zařízeními do roku 2045.

Vedle těchto technologických změn jsou jako další dekarbonizační opatření pro průmysl zmiňována opatření na straně poptávky (např. recyklace a odlehčování staveb s cílem snížit množství oceli,

McKinsey: Scénář dekarbonizace pro vybraná průmyslová pododvětví (Mt CO2eq)



Zdroj: Údaje Eurostatu (2017), analýza McKinsey.
Poznámka: Uvedena jsou pouze pododvětví, na která se vztahuje tato zpráva.
McKinsey zahrnuje také teplo z výroby, pevná paliva, fugitivní emise a ostatní podsektory v odvětví „průmysl“.

používání CLT dřevěných desek jako náhrady cementu), která však ve scénářích nejsou uplatněna. Zpráva uvádí, že „podobný nebo ještě větší příspěvek ke snížení emisí může přinést změny životního stylu a chování spotřebitelů nebo růst cirkulární ekonomiky. Dlouhodobé strategie v oblasti klimatu by měly rovněž zohlednit potenciál změn chování, které mají dopad na životní prostředí a spotřebu energie.“ Uvádí příklady z oblasti dopravy, stravování, výroby a logistiky potravin, obalů a zboží dlouhodobé spotřeby a bydlení.

2050 Pathways Explorer pro Českou republiku (CLIMACT a AMO, říjen 2021)

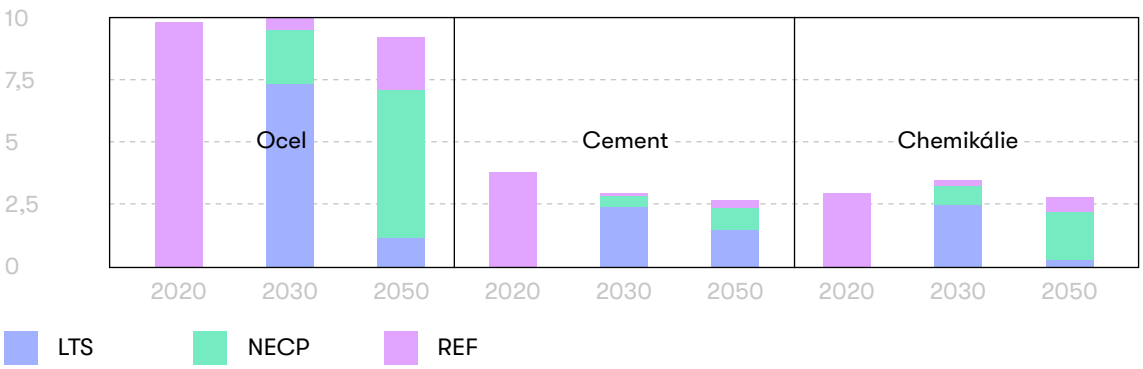
Ve spolupráci s **Asociací pro mezinárodní otázky (AMO)** byla vyvinuta česká verze tohoto open-source nástroje pro modelování dekarbonizace od belgické společnosti **CLIMACT**. V současné době je k dispozici pro přibližně 30 zemí. Nástroj poskytuje volně přístupný dynamický model pokrývající všechna energetická odvětví a emise skleníkových plynů včetně dopadu využívání materiálů a výroby, jakož i společenských, kulturních a behaviorálních pák. Scénáře nejsou prezentovány jako prognózy a není s nimi spojena žádná konkrétní pravděpodobnost. Model obsahuje tři předdefinované scénáře:

- **REF**: Základní nebo referenční scénář, který je ekvivalentní scénáři „se stávajícími opatřeními“ (WEM) ve VPEK.
- **NECP (VPEK)**: Scénář se středními ambicemi podobný scénáři „s dodatečnými opatřeními“ (WAM) ve VPEK.
- **LTS:** Dlouhodobý scénář pro uhlíkovou neutralitu do roku 2050.

Následující graf znázorňuje rozdíl ve třech scénářích pro dílčí odvětví, která jsou předmětem zájmu této studie, na základě původního českého vydání, přičemž LTS odráží nejnižší a REF nejvyšší úroveň emisí.

Poznámka: Současné nastavení scénáře (pro celkové emise skleníkových plynů v České republice) předpokládá rychlý přechod od energie z uhlí k obnovitelným zdrojům, 30% kumulativní úspory energie do roku 2050 a transformaci průmyslu změnou jeho palivové základny a zavedením technologií CCUS. Individuální scénáře lze pro dané odvětví nebo pododvětví vytvořit úpravou úrovně ambicí u jednotlivých parametrů v devíti kategoriích zmírňujících pák. Například parametry

CLIMACT/AMO: Scénář dekarbonizace pro vybraná průmyslová pododvětví (Mt CO2eq)



Zdroj: CLIMACT 2050 Pathways Explorer (CZ), analýza INCIEN http://cz.pathwaysexplorer.climact.com/, extrahováno 11. 11. 2021.

v rámci „výroby“ zahrnují propojení výroby materiálů s činností v odvětví, optimalizaci technologií (např. účinnost materiálů, přechod na jiné materiály), skladbu paliv a zachycování uhlíku.

The Energy Revolution: How to Secure Electricity, Heat and Transport without Fossils Fuels (Friends of the Earth Czech Republic and Greenpeace, říjen 2021)

Tato zpráva dvou předních nevládních organizací zabývajících se ochranou životního prostředí obsahuje scénáře dekarbonizace českého energetického systému do roku 2050, které zahrnují odvětví dopravy, průmyslu a výroby energie. Shrnutí týkající se průmyslu zmiňuje elektrifikaci a využití vodíku v ocelářském průmyslu a předpokládá určité snížení poptávky po ropě v důsledku postupného vyřazování jednorázových plastů a zvýšení úrovně recyklace plastů.

Zpráva jinak neobsahuje rozdělení podle průmyslových odvětví a zaměřuje se na změny v energetickém mixu, takže má pro toto posouzení omezený význam. Zpráva obsahuje tři scénáře výzkumného institutu **Institute for Sustainable Futures**: referenční (základní) scénář, základní scénář dekarbonizace a scénář pokročilé dekarbonizace. Emise z průmyslu klesnou v referenčním scénáři do roku 2050 pouze o ~22 %, v základním scénáři na nulu do roku 2050 a v pokročilém scénáři na nulu do roku 2040.

Six-sector specific recommendations for Czechia's Green Transition (Climate & Company, říjen 2021)

Tato společná studie, kterou vypracoval německý think tank pro udržitelné financování Climate & Company ve spolupráci s Českým vysokým učením technickým v Praze, společností Agora Energiewende a Eclareon Consulting, se zaměřuje na optimální využití prostředků z rozpočtu EU na ekologický přechod a související investiční priority a politické reformy v šesti klíčových odvětvích ekonomiky (budovy, dálkové vytápění, energetika, doprava, sítě a průmysl). V případě průmyslu se studie zaměřuje na příležitosti k **urychlení přechodu na zelenou ocel** včetně podrobné analýzy současného politického prostředí, investičních výhledů a cest dekarbonizace pro domácí ocelářský průmysl do roku 2030. Její hlavní závěry jsou shrnuty v diskusi o oceli v kapitole 3.

14 | ČSÚ – Trh práce v ČR podle odvětví 1993–2020.

15 | ČSÚ – Hrubá přidaná hodnota – podle odvětví (běžné ceny).

16 | Eurostat – Hrubá přidaná hodnota a příjmy podle odvětví.

17 | ČSÚ – Odvětvová skladba české ekonomiky (prosinec 2020)

18 | Česká republika 2021 – Přehled energetické politiky (IEA), s. 19.

19 | Souhrnná data o odpadovém hospodářství ČR v letech 2009–2020 (MŽP).

20 | Oddíl 1.A.2 klasifikace inventarizace skleníkových plynů UNFCCC: Spalování paliv – zpracovatelský průmysl a stavebnictví.

21 | Studie dekarbonizace ekonomiky v ČR (část průmysl) (MPO, září 2020).

22 | První výstupy modelů dopadů „Fit for 55“ komentuje Rada vlády pro udržitelný rozvoj (Ministerstvo životního prostředí, červen 2022).

23 | OECD Environment Policy Paper No. 27 (červen 2021).

3

Odvětvová analýza

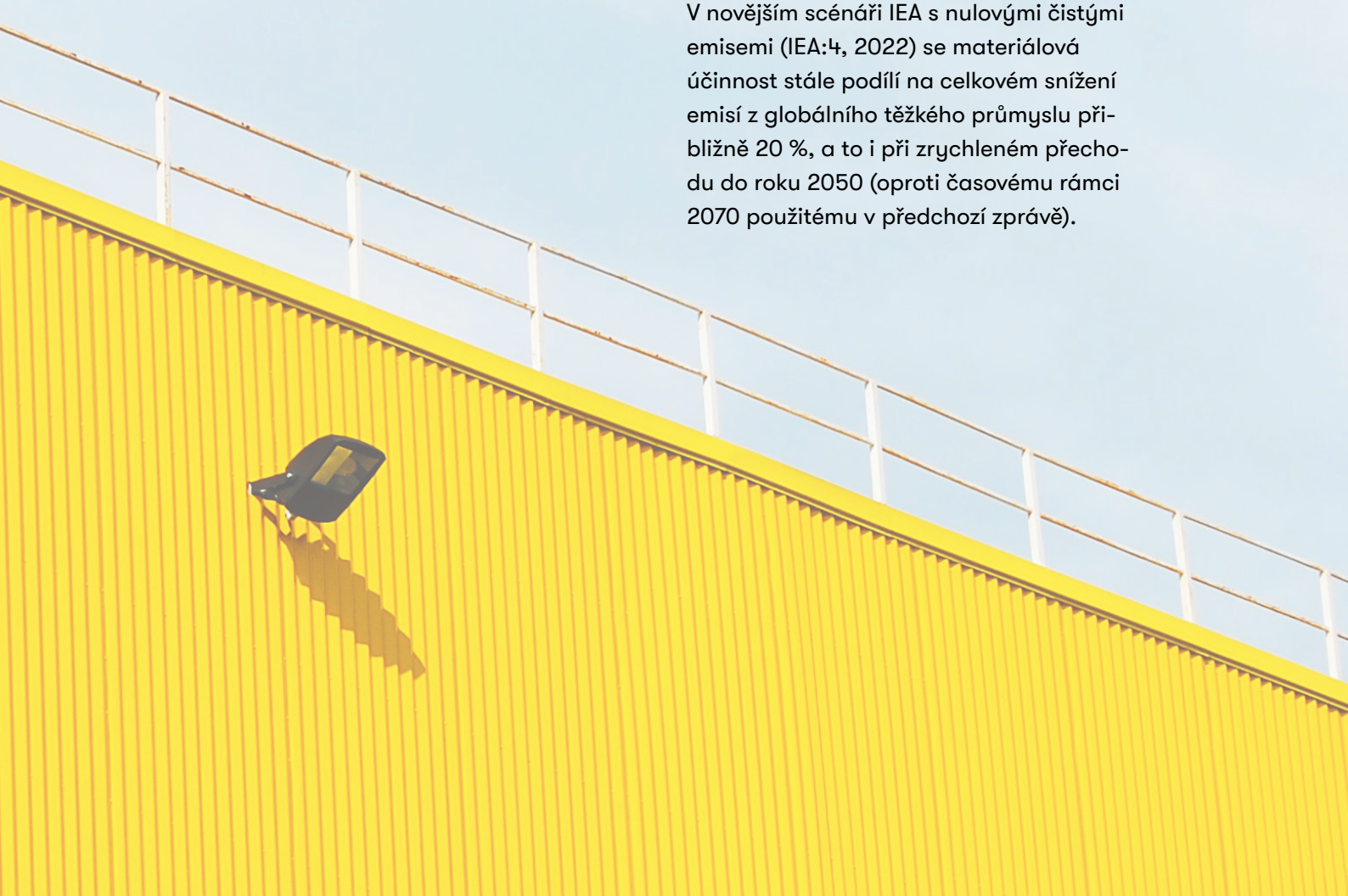
Obsah

Hodnotové řetězce na straně nabídky — **55**
Ocel — 56
Cement a beton — 68
Plasty — 78
Hliník — 90
Odběratelská odvětví — **97**
Výstavba budov — 98
Automobilový průmysl — 112

Pro vyčíslení celkového dopadu cirkulární ekonomiky na dekarbonizaci těžkého průmyslu existuje řada scénářů, a to jak v celosvětovém měřítku, tak v EU. Dokonce i konzervativnější odhady naznačují, že cirkulární ekonomika hraje významnou a nezastupitelnou roli při přechodu na uhlíkovou neutralitu v těchto odvětvích do poloviny století. Podle globálních scénářů pro uhlíkovou neutralitu mohou opatření v oblasti CE do roku 2050 eliminovat 20–25 % celkových emisí CO2 těžkého průmyslu. V EU by opatření CE mohla do roku 2050 ušetřit nejméně 40 % (AGR) a v případě ambiciózního scénáře téměř dvě třetiny (ME:2) ročních emisí skleníkových plynů v klíčových odvětvích těžkého průmyslu. Hlavní scénáře z víceodvětvových studií jsou shrnuty níže. Potenciál dekarbonizace a konkrétní cirkulární opatření pro jednotlivá odvětví jsou dále diskutovány v následujících podkapitolách.

Svět

Tři těžká průmyslová odvětví – **ocelářství, chemický průmysl (včetně výroby plastů) a cementářství –** se podílejí téměř 60 % na **celosvětové** spotřebě energie v průmyslu a přibližně 70 % na přímých emisích CO2 z průmyslu. Ve své stěžejní zprávě Energy Technology Perspectives 2020 (IEA:1) **IEA** uvádí: „Ke snížení emisí v těžkém průmyslu v blízké budoucnosti [do roku 2040] nejvíce přispěje zlepšení technologické výkonnosti a materiálová účinnost. Přijímání nejlepších dostupných technologií přináší zvýšení výkonnosti technologií, zatímco zlepšování výtěžnosti výroby, odlehčování a další opatření na zvýšení účinnosti materiálů snižují růst poptávky po materiálech.“ V novějším scénáři IEA s nulovými čistými emisemi (IEA:4, 2022) se materiálová účinnost stále podílí na celkovém snížení emisí z globálního těžkého průmyslu přibližně 20 %, a to i při zrychleném přechodu do roku 2050 (oproti časovému rámci 2070 použitému v předchozí zprávě).



Klíčové cirkulární strategie (materiálová účinnost) ve scénáři IEA zahrnují:

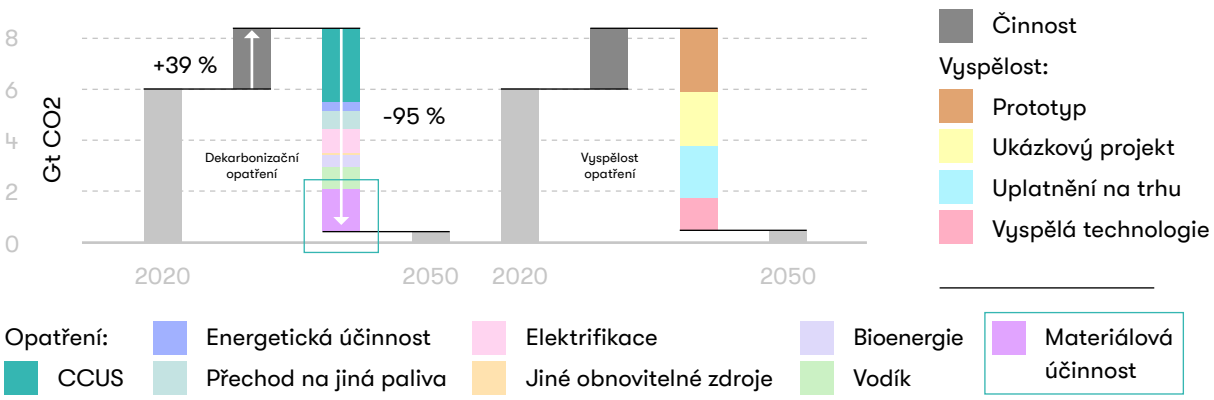
- → Přechod na efektivnější konstrukční a výrobní metody.
- → Nahrazení materiálů vedoucí ke snížení emisí během životního cyklu.
- → Zvýšená míra opětovného použití a recyklace materiálů po skončení životnosti.
- → Renovace (na rozdíl od rekonstrukce) budov za účelem prodloužení jejich životnosti.
- → Změna způsobu dopravy s cílem snížit potřebu nových vozidel a infrastruktury.

Evropská unie

Ocel, plasty, cement a hliník – tyto čtyři průmyslové hodnotové řetězce představují více než 65 % průmyslových emisí v EU. **Material Economics** odhaduje (ME:1, 2018), že podle ambiciózního cirkulárního scénáře by emise z těžkého průmyslu EU mohly klesnout o dalších 55 % ve srovnání s nízkouhlíkovým scénářem pro rok 2050, přičemž 33 % by bylo způsobeno recyklací materiálů, 11 % materiálovou účinností výrobků a 12 % novými cirkulárními obchodními modely v oblasti mobility a budov, zejména sdílením a prodlužováním životnosti. **V navazující studii (ME:2, 2019), v rámci scénáře dosažení uhlíkové neutrality díky cirkulární ekonomice do roku 2050, se dále odhaduje, že cirkulární opatření by mohla zajistit až 64 % celkového snížení emisí v ocelářském, chemickém a cementářském průmyslu, a to kombinací materiálové účinnosti a nových obchodních modelů s recirkulací materiálů a náhradou primárních materiálů.**

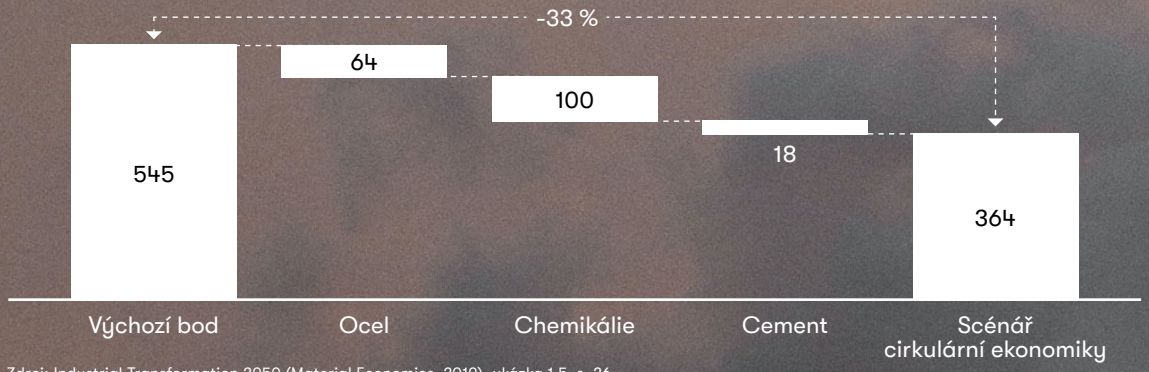
Nejnovější analýza EU na toto téma, kterou zveřejnila think tank **Agora Industry** (AGR) s využitím modelovacích nástrojů společnosti Material Economics, předkládá konzervativnější scénář dopadu opatření CE, který se celkovým potenciálem dekarbonizace blíží alternativnímu scénáři „nových procesních technologií“ ve zprávě Material Economics (ME:2). Při zahrnutí výroby materiálů i navazující materiálové účinnosti v klíčových odvětvích je odhadovaný celkový potenciál snížení průmyslových emisí CO2 díky opatřením CE stále přibližně 240 Mt CO2eq, což představuje **více než 40 % současných a do roku 2050 předpokládaných základních emisí CO2 z těchto odvětví v EU**.

IEA: Celosvětové snížení přímých emisí CO2 v těžkém průmyslu podle dekarbonizačních opatření (scénář uhlíkové neutrality do roku 2050), (Gt CO2eq/rok)



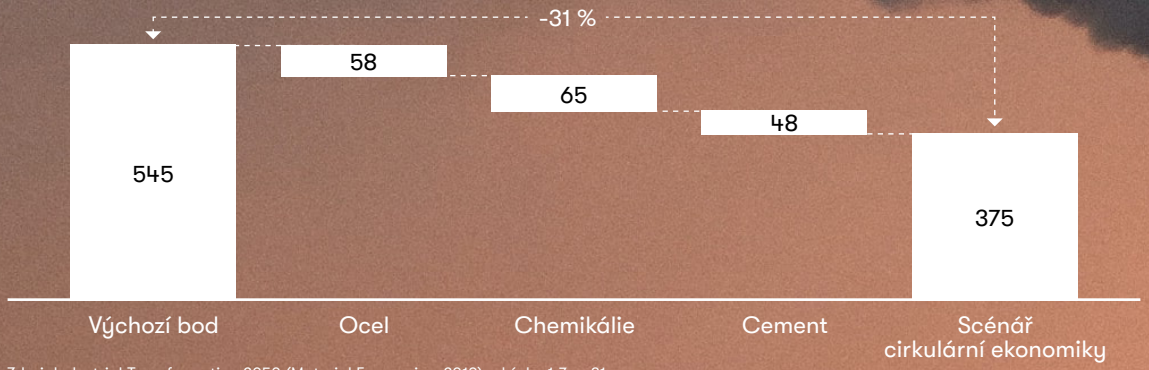
Zdroj: Achieving Net Zero Heavy Industry Sectors in G7 Members (Mezinárodní energetická agentura, květen 2022), s. 33.

Material Economics: Scénář cirkulární ekonomiky pro nulové čisté emise v EU v oblasti oceli, chemikálií a cementu. Dopad opatření na zvýšení materiálové účinnosti a nových obchodních modelů (Mt CO2eq/rok, 2050)



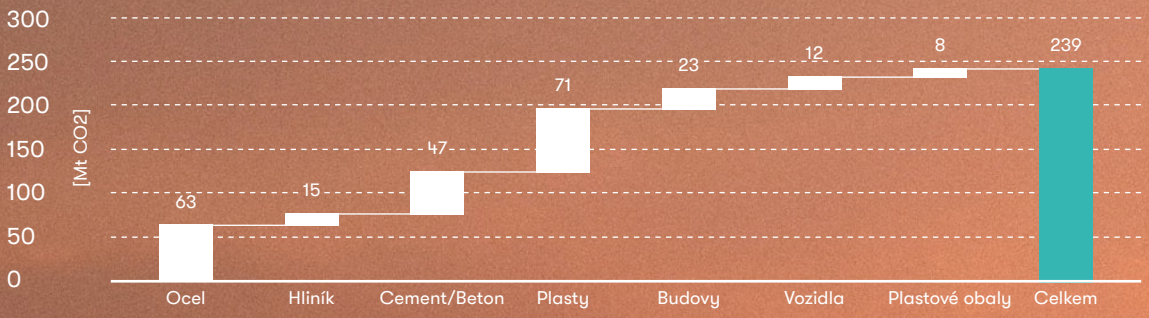
Zdroj: Industrial Transformation 2050 (Material Economics, 2019), ukázka 1.5, s. 26.

Material Economics: Scénář cirkulární ekonomiky pro nulové čisté emise v EU v oblasti emisí spojených s ocelí, chemikáliemi a cementem. Dopad opatření recirkulace a substituce materiálů (Mt CO2eq/rok, 2050)



Zdroj: Industrial Transformation 2050 (Material Economics, 2019), ukázka 1.7, s. 31.

Agora Industry: Odhadovaný potenciál snížení emisí CO2 díky zvýšené cirkularitě a materiálové účinnosti podle materiálu nebo produktu v roce 2050 (Evropská unie)



Zdroj: Mobilising the circular economy for energy-intensive materials (Agora Industry, březen 2022), obrázek 19, s. 49.

Hodnotové řetězce na straně nabídky

Ocel

Železářství a ocelářství je prioritním cílem snah o dekarbonizaci průmyslu, protože se podílí přibližně 5 % na celkových emisích skleníkových plynů v EU, což z něj činí největší průmyslové odvětví z hlediska uhlíkové stopy. Nejdůležitějšími cirkulárními opatřeními pro dekarbonizaci oceli je zvýšení podílu výroby na bázi šrotu (cesta EOP) a snížení dlouhodobé čisté spotřeby oceli v konečných aplikacích, zejména v budovách, dopravě a další infrastruktuře. Cirkulární scénáře pro ocel naznačují potenciál snížit celosvětovou poptávku po oceli o 20 % až 40 % do roku 2050 ve srovnání se scénářem stávajících politik a opatření a přitom zajistit stejné ekonomické přínosy. V plně cirkulárním scénáři pro EU (ME:2) by poptávka po oceli do roku 2050 byla téměř o 30 % nižší než v základním scénáři a výroba na bázi šrotu EOP by dosáhla 70 % celkové výroby (oproti současným 40 %), což by eliminovalo téměř 60 % emisí CO2 z ocelářského průmyslu EU.

V současné době jsou emise z českých oceláren výrazně vyšší, než je průměr EU, což je dáno dominantním (90 %) podílem primární výroby. Země je také historicky čistým vývozcem ocelového šrotu. To naznačuje velkou příležitost k dekarbonizaci prostřednictvím přechodu na výrobu založenou na šrotu při současném využití domácích zásob šrotu. Dvě největší domácí ocelárny zahájily plány investičních projektů EOP. Vzhledem ke zpomalující se domácí výrobě šrotu však bude rozhodující jednak udržet dostatečné dodávky místního šrotu a zároveň rozšířit cenově dostupnou výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů, aby tyto projekty představovaly životaschopnou dlouhodobou cestu k dekarbonizaci.

Poznatky z mezinárodních studií

Cirkulární opatření pro dekarbonizaci ocelářského průmyslu – STRANA NABÍDKY

Maximalizace sekundární výroby oceli

→ Při použití elektrických obloukových pecí (EOP) a ocelového šrotu jako primární suroviny vyžaduje výroba oceli odhadem 10–15 % výrobní energie a produkuje pouze 20 % emisí skleníkových plynů ve srovnání se stávajícími technologiemi (ME:2).

→ Podle scénářů společnosti Material Economics by sekundární výroba oceli mohla do roku 2050 pokrýt 70–85 % potřeby oceli v EU (ME:1,2). Dosažení tohoto cíle by vyžadovalo bezprecedentní rozšíření systémů sběru vyřazené oceli a sofistikovanější trhy se šrotem, které by vyžadovaly třídění podle slitin (např. pomocí technologií laserem indukované spektroskopie). Překážkou recyklace oceli je také kontaminace mědí. Tu lze překonat oddělením mědi a oceli v procesu recyklace, recyklací v uzavřeném cyklu nebo navrhováním výrobků s ohledem na separaci a demontáž na konci životnosti. Řešením mohou být také výrobní procesy odolnější vůči mědi.

Vyšší výtěžnost polotovarů

→ Pojem „polotovary“ se vztahuje na surové ocelové výrobky, jako jsou ocelové plechy, bloky nebo sochory, které prošly prvním stupněm zpracování (např. kontinuálním litím) a jsou určeny k dalšímu zpracování na hotové ocelové výrobky nebo výrobky obsahující ocelové prvky. Zlepšení výtěžnosti polotovarů (poměru materiálových vstupů k výstupům) by mohlo přispět ke kumulativnímu snížení celosvětové poptávky po oceli o 7 % v letech 2020 až 2050 (a **o 1,5 % ročně v roce 2050),** a to především prostřednictvím zdokonalených výrobních technologií a digitalizace. Příkladem snížení výtěžnosti polotovarů je šrot vznikající při nedokonalém tvarování ocelových polotovarů nebo technologie povrchové úpravy (IEA:2).

Přímé opětovné použití oceli

→ Zvýšená míra přímého opětovného použití (bez přetavování) může vést k 15% kumulativnímu snížení celosvětové poptávky po oceli v letech 2020 až 2050 (a k **3 % ročnímu snížení v roce 2050**). To zahrnuje opětovné použití oceli z nosníků a stavebních dílů, lodních plechů, trubek atd. Podle IEA jsou klíčovými opatřeními pro opětovné použití oceli například vytvoření „materiálových inventur" (pro zajištění většího přehledu o oceli určené k opětovnému použití) nebo zavedení vládních nařízení, která zohledňují budoucí opětovné použití oceli (IEA:2).

Cirkulární opatření pro dekarbonizaci ocelářského průmyslu – STRANA POPTÁVKY

Zlepšení výtěžnosti výrobků z ocelových polotovarů

→ Toto opatření se vztahuje na výrobky, které jsou vyrobeny výhradně z ocelových polotovarů nebo obsahují ocelové části (například ocelové části automobilů nebo části budov). Optimalizace výtěžnosti výroby ocelových výrobků (poměr mezi vstupy a výstupy materiálů) by mohla přispět k dalšímu kumulativnímu snížení poptávky po oceli v celosvětovém měřítku o 13 % v letech 2020 až 2050 (a **o 2,5 % ročně v roce 2050**) (IEA:2), a to díky zdokonaleným výrobním technikám a digitalizaci včetně 3D tisku a práškové metalurgie (ME:1). IEA předpokládá, že celosvětová výtěžnost výroby by se mohla do roku 2060 zlepšit o 10–20 %.

Nižší čistá spotřeba oceli pro výrobky, budovy a služby

→ Řada opatření na straně poptávky, zejména ve **stavebnictví a automobilovém průmyslu**, může významně snížit množství nové oceli potřebné pro daný výrobek nebo službu, včetně optimalizovaného návrhu budov a stavebních postupů, prodloužení životnosti budov, zvýšeného využívání budov, odlehčení osobních a nákladních automobilů a snížení prodeje vozidel v důsledku změn v dopravě. IEA odhaduje, že tato opatření na straně poptávky by mohla dohromady představovat **12–13 % snížení celosvětové poptávky po oceli v roce 2050 a ~65 % kumulativního snížení poptávky po oceli v příštích třiceti letech** (IEA:2).

Použití vysokopevnostní oceli

→ Konkrétním příkladem opatření ke snížení spotřeby oceli je použití vysokopevnostní oceli. Například v automobilech tvoří železné a ocelové díly až dvě třetiny hmotnosti vozidla. Použití vysokopevnostní oceli může snížit hmotnost některých automobilových dílů až o 40 % ve srovnání s běžnou ocelí. Snížení hmotnosti vozidla znamená také snížení emisí skleníkových plynů ve fázi provozu těchto automobilů, a to jak u vozidel se spalovacím motorem, tak u elektromobilů.[24]

Odhady dekarbonizačního potenciálu cirkulární ekonomiky

Svět

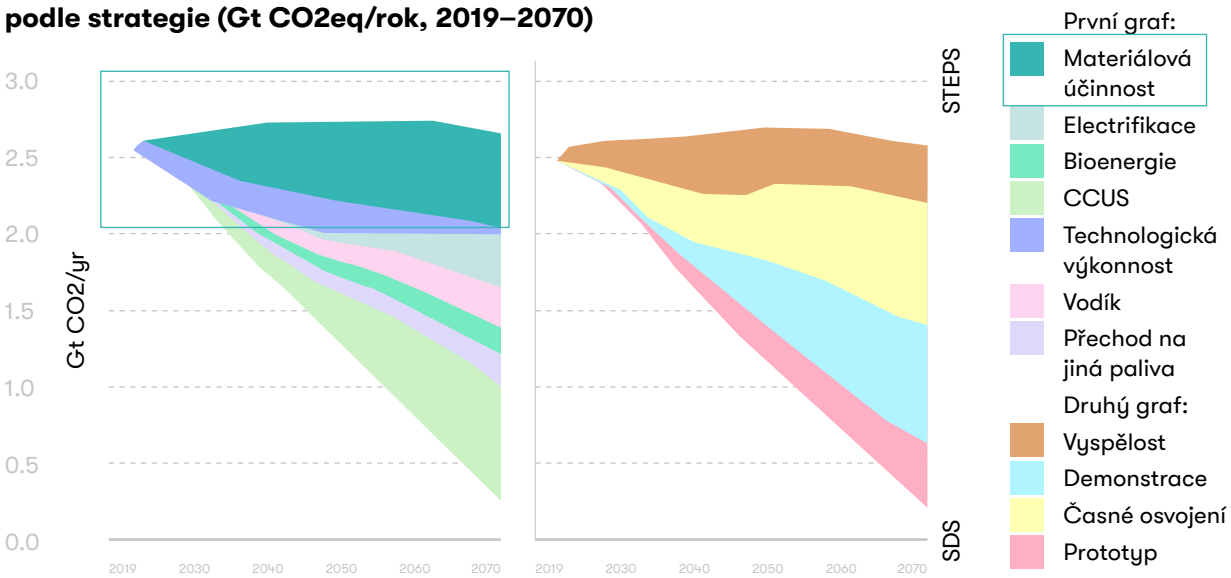
Snížením celkové výroby oceli CE významně přispívá ke scénářům dekarbonizace a přispívá k ročnímu snížení **celosvětových** emisí z výroby oceli o více než 40 % do roku 2040 a o 25 % do roku 2070 – v dlouhodobějším horizontu budou mít technologické inovace významný dopad, i když snížení emisí z cirkulárních opatření se bude nadále zvyšovat. V nízkouhlíkovém scénáři IEA (IEA:1,2, 2020) je roční poptávka po oceli do roku 2050 téměř o 20 % nižší než v základním scénáři a do roku 2070 téměř o 30 % nižší díky odlehčení výrobků obsahujících ocel, menší produkci šrotu, opětovnému využití ocelových komponentů ve výrobcích s ukončenou životností (např. ocelové nosníky ve starých budovách) a prodloužení životnosti výrobků a budov na bázi oceli.

V aktualizovaném scénáři Net Zero (2021) IEA předpokládá, že 85 % úspor emisí v celosvětové výrobě oceli do roku 2030 bude pocházet ze stávajících tržních technologií, včetně materiálové a energetické účinnosti a významného nárůstu výroby na bázi šrotu, což bude způsobeno zvýšenou dostupností šrotu po celém světě.[25]

Pro země G7 stanovuje IEA jako konzervativní milník 60% podíl šrotu na vstupech do výroby oceli do roku 2050, oproti 53 % v roce 2020 (IEA:4).

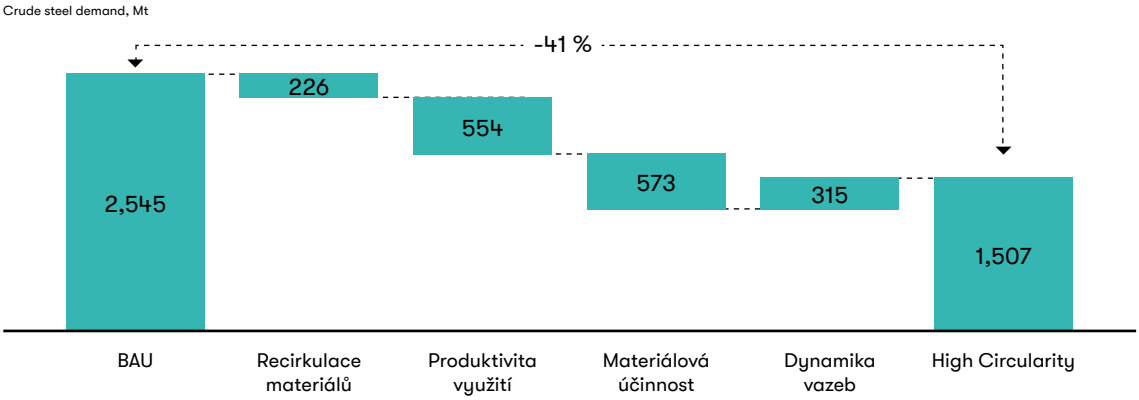
Mission Possible Partnership ve své strategii přechodu na uhlíkově neutrální odvětví oceli předkládá „scénář vysoké cirkularity“, v němž by cirkulární strategie na straně nabídky i poptávky **ušetřily v roce 2050 více než 40 % poptávky po surové oceli ve srovnání se základním scénářem**. Na základě regionálního modelování dostupnosti šrotu se předpokládá, že podíl šrotu na celkovém množství oceli by dosáhl 70 % (oproti 40 % v základním scénáři), čímž by se snížila spotřeba železné rudy o 75 % a do roku 2050 by se celosvětově ušetřilo 28 Gt kumulativních přímých emisí CO2 (Scope 1 a 2).[26]

IEA: Celosvětové snížení emisí CO2 v odvětví železa a oceli podle strategie (Gt CO2eq/rok, 2019–2070)



Zdroj: Energy Technology Perspectives 2020 (Mezinárodní energetická agentura, říjen 2020), s. 205.
STEPS: Stated Policies Scenario. SDS: Sustainable Development Scenario.

MPP: Dopady cirkulární ekonomiky na celosvětovou poptávku po surové oceli v roce 2050 ve scénáři High Circularity (v Mt)



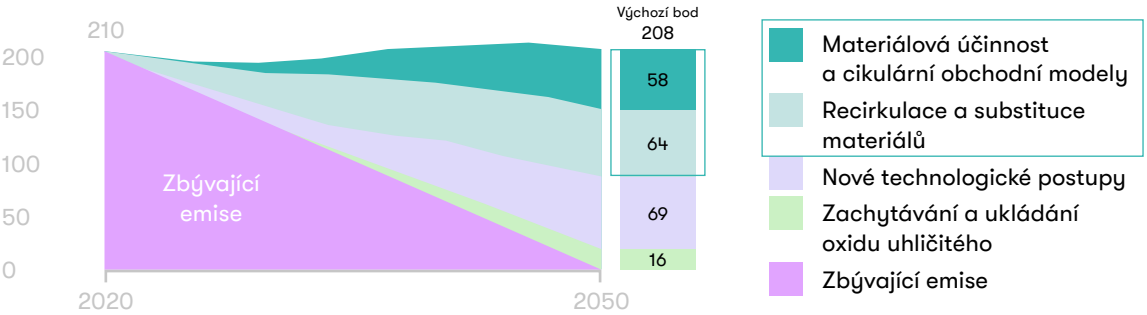
Zdroj: Net-Zero Steel Sector Transition Strategy (Mission Possible Partnership, říjen 2021), příloha 5, s. 16.

Evropská unie

V EU je v současné době ~60 % poptávky po oceli zajišťováno primární výrobou oceli (<2 tuny CO2 na tunu) a 40 % sekundární výrobou oceli (na bázi šrotu) (~0,4 tuny CO2 na tunu nebo méně) (AGR). Material Economics (ME:1, 2018) odhaduje, že v nízkouhlíkovém scénáři do roku 2050 by bez dalších cirkulačních opatření poptávka po oceli v EU zůstala na podobné úrovni jako dnes,[27] zatímco podíl sekundární oceli by se zvýšil na 65 %, což by snížilo průměrné emise CO2 na tunu výroby o více než 50 %[28]. V rámci ambiciózního cirkulárního scénáře by podíl sekundární výroby mohl dosáhnout až 85 % celkové výroby oceli v EU, přičemž emise by se snížily o dalších 55 % ve srovnání s nízkouhlíkovým scénářem. **V navazující studii (ME:2, 2019) společnost Material Economics odhadla, že cirkulární opatření by mohla do roku 2050 zajistit až 59 % celkového snížení emisí v ocelářském odvětví v rámci cirkulárního uhlíkově neutrálního cyklu.**

S výjimkou opatření na zvýšení účinnosti materiálů v navazujících odvětvích stavebnictví a automobilového průmyslu studie think tanku Agora Industry (AGR) z roku 2022 odhaduje, že cirkulárními opatřeními by se do roku 2050 mohlo dosáhnout 30% snížení emisí CO2 z výroby oceli v porovnání se scénářem stávajících politik a opatření, a to především díky zvýšení recyklační kapacity a čistším

Material Economics: Cirkulární scénář pro uhlíkovou neutralitu v ocelářství v EU (Mt CO2eq)



Důraz na větší využití již vyrobené oceli a výrobu založenou na recyklované oceli:

- Zaměření na příležitosti na straně poptávky pro efektivní využívání materiálů a nové cirkulární obchodní modely v oblasti oceli, jako je sdílení automobilů, a materiálová účinnost ve stavebnictví.
- Nárůst výroby založené na šrotu a recirkulace oceli v rámci EU. Podíl oceli vyráběné v elektrických obloukových pecích se do roku 2050 zvýší na 70 %.

Zdroj: Industrial Transformation 2050 (Material Economics, 2019), s. 89.

tokům šrotu (nižší kontaminace mědí), aby se snížil downcycling (znehodnocení) a posílilo se využití sekundární oceli.

Současné zaměření domácí politické agendy dekarbonizace

Český ocelářský průmysl se podílí 5 % na celkových emisích skleníkových plynů z výroby oceli v EU, a to jak z hlediska spalování paliv, tak z hlediska procesů a použití produktů. Více než 80 % jeho emisí je vykázáno v posledně jmenované kategorii (2.C.1.). Jeho relativně vysoký emisní faktor odráží dominantní podíl primární výroby oceli – v současnosti 90–95 % výroby v ČR (oproti 60 % v EU, 70 % celosvětově).[29, 30] Kapacita odvětví se blíží 6 Mt BF-BOF (Liberty Steel, Třinecké železárny) a 0,8 Mt EOP. Výroba surové oceli se v roce 2020 snížila na 4,45 Mt[31], v roce 2021 se obnovila na 4,8 Mt (v obou případech 3,2 % celkové výroby v EU).[30] Celková spotřeba oceli (hotových ocelových výrobků) v celé ekonomice v roce 2021 činila 8,2 Mt, což je třetí nejvyšší objem na obyvatele na světě po Jižní Koreji a Tchaj-wanu.[32]

Hlavními navazujícími odvětvími v zemi (s odhadovaným podílem na celkové spotřebě) jsou stavebnictví (24 %), výroba kovových výrobků (23 %), automobilový průmysl (19 %) a výroba strojních zařízení (18 %).[33]

Podle Ocelářské unie[34] čelí místní průmysl při přechodu na uhlíkovou neutralitu do roku 2050 velkým výzvám na mnoha úrovních. Očekává se, že české ocelárny budou i nadále potřebovat koksovatelné uhlí pro výrobní proces nejméně do roku 2030, ale budou stále více spoléhat na dodávky z Polska nebo jiných mezinárodních trhů, protože těžba uhlí v České republice bude postupně ukončována. Klesající počet emisních povolenek přidělených v rámci systému EU pro obchodování s emisemi (EU ETS) a prudký nárůst nákladů na dodatečné povolenky způsobují tomuto odvětví značné náklady v době, kdy musí rovněž výrazně investovat do nízkouhlíkových technologií a čelí zvýšeným provozním nákladům. Ocelářský průmysl EU je rovněž pod tlakem různých forem státní podpory, z nichž těží výrobci v jiných významných výrobních regionech, zejména v Číně.

Existují také obavy, že v rámci taxonomie EU pro udržitelné činnosti mohou mít ocelářské společnosti menší flexibilitu při zajišťování financování nezbytných projektů transformace kvůli větší opatrnosti a přísnějším kritériím pro způsobilé investice. Zejména na ocelářský průmysl budou mít stále větší dopad omezení týkající se financování uhlí, zatímco alternativy ke koksovatelnému uhlí jako přímému vstupu do primární výroby oceli stále chybí. V důsledku toho Unie zdůraznila naléhavou potřebu urychlit výzkum, šíření a zavádění inovativních zelených technologií, aby bylo možné splnit závazky uhlíkové neutrality do roku 2050.

Studie MPO o dekarbonizaci z roku 2020[22] poskytuje podrobný profil ocelářského průmyslu a zdůrazňuje jeho silné vazby na další klíčová odvětví včetně automobilového, stavebního a strojírenského, jeho strategický význam pro úsilí o dosažení cílů EU v oblasti klimatu a jeho soulad s cirkulární ekonomikou vzhledem k recyklovatelnosti oceli. Odvětví hraje důležitou roli v dekarbonizaci nejen tím, že snižuje své vlastní přímé emise, ale také tím, že dodává komponenty a materiály pro ekologickou energii a dopravní infrastrukturu, jako je železniční doprava, větrné turbíny, elektrická vozidla a konstrukční ocel. Studie zvažuje dvě hlavní cesty k dekarbonizaci v souladu se závěry Evropské komise a Euroferu: **elektrifikaci (včetně zvýšení podílu výroby EOP s využitím šrotu)** nebo nové procesní technologie (DRI využívající vodík nebo zemní plyn, integrace procesů nebo CCU/CCS). Kromě **technologií studie MPO zdůrazňuje úlohu CE jako jednoho z klíčových faktorů pro zajištění transformace odvětví a vyzývá k zamezení vývozu šrotu mimo EU**.

Ocelářská unie rovněž považuje CE za klíč k úspěšné dekarbonizaci ocelářského odvětví, ale CE se zatím v oficiálních politikách dekarbonizace jasně neprojevuje. Upozorňuje, že DRI se zemním plynem nebude v České republice ekonomicky výhodné, zejména v případě přerušení dodávek plynu z Ruska. Tato technologická varianta zůstává výhodná především pro země s přebytkem zemního plynu, například v arabském světě. Procesy DRI využívající vodík by vyžadovaly desetinásobný nárůst spotřeby elektrické energie, který by kromě obrovských nároků na spotřebu vody musel být pokryt i z bezemisních zdrojů. Bude tedy velmi záležet na tom, jak budou technologie zavedeny do praxe, a na zajištění dostatečného množství „zeleného" vodíku za celosvětově konkurenceschopné ceny. Přechod na technologie DRI i EOP bude rovněž vyžadovat přestavbu stávající i nové výrobní infrastruktury, neboť překážkou jsou v současnosti nedostatečné přenosové/distribuční kapacity a zdlouhavé povolovací procesy pro posílení vedení vysokého napětí k ocelárnám.

Stav vybraných cirkulárních opatření pro dekarbonizaci

Maximalizace sekundární výroby oceli

Významným příspěvkem do debaty o dekarbonizaci českého ocelářského průmyslu je „stěžejní" analýza společnosti Eclareon GmbH o cestách k **„urychlení přechodu na zelenou ocel"**, která je jedním ze „Six-sector specific ideas for Czechia's green transition". Jedná se o společnou studii představenou v listopadu 2021 společností Climate & Company, ČVUT v Praze, Agora Energiewende a Eclareon Consulting.[35] Jako hlavní cíl stanovuje maximalizaci sekundární výroby oceli v kombinaci s elektrifikací (cesta EOP) do roku 2030, což povede k úspoře 4,5 Mt ročních emisí CO2. Studie uvádí, že zatímco v posledních letech se v zemi vyrábí pouze 10 % oceli ze 100 % na bázi šrotu, kapacita sběru ocelového šrotu činí 5–5,5 Mt a více než 50 % sebraného šrotu se vyváží. V této souvislosti je třeba do **roku 2030 reinvestovat více než 80 % kapacity vysokých pecí ve dvou hlavních ocelárnách, což nabízí velkou příležitost k významnému přechodu na druhotnou výrobu oceli**.

V základním scénáři studie by 4,1 Mt kapacity BF-BOF bylo nahrazeno recyklací šrotu a EOP, což by vedlo k maximálním dodatečným investičním nákladům ve výši ~540 mil. EUR capex a ~270 mil. EUR

ročně opex. Kromě úspor CO2 by se ročně ušetřily 4 Mt železné rudy, 2 Mt uhlí a 0,5 Mt vápence. Aby se pokrylo riziko nedostatku šrotu v příštích letech (po přeměně výše uvedené kapacity na EOP), bylo by jako doplňkové opatření nahrazeno dalších 0,5 Mt (uhelné) kapacity BF-BOF primární ocelí DRI-EOP na bázi zemního plynu (proveditelnost je však v současné době vzhledem k vývoji dodávek a cen plynu sporná). Studie zdůrazňuje, že je důležité vypracovat plán přechodu na nízkouhlíkové technologie, který využije zásoby ocelového šrotu v zemi a v dlouhodobém horizontu i její síť zemního plynu připravenou na využití vodíku pro zavedení doplňkových cest.

Studie MPO o dekarbonizaci uznává přechod na výrobu šrotu jako **cenově nejdostupnější cestu k dekarbonizaci oceli**, ale uvádí několik překážek, které brání širokému rozšíření tohoto směru. Následující shrnutí zahrnuje také vstupy a zpětnou vazbu z diskusí INCIEN s Ocelářskou unií v průběhu studie.

První je dostupnost šrotu v celosvětovém měřítku. Šrot se v ocelářském průmyslu využívá ve dvou základních typech výroby – jako **vstup do primární výroby při redukci rudy** (vysoké pece), kde šrot tvoří až 30 % vstupu (125 kg šrotu / 1 tunu oceli celosvětově, 160 kg / 1 tunu oceli v ČR), a v **sekundární výrobě oceli v elektrických obloukových pecích (EOP)**, kde šrot tvoří až 100 % vstupu (710 kg šrotu / 1 tunu oceli celosvětově, 900 kg šrotu / 1 tunu oceli v ČR).[36] Tyto podíly závisí mimo jiné na dostupnosti šrotu. Recyklace oceli závisí také na době životního cyklu ocelových aplikací, která se pohybuje od několika let do přibližně 100 let v závislosti na typu konstrukce (např. automobily, stavební konstrukční prvky, vodovodní konstrukce). V České republice nyní končí období intenzivního využití šrotu ze strojů a zařízení nahromaděného v předchozích letech a v budoucnu se očekává nižší objem dostupného šrotu. Celosvětově se v současné době vyrábí téměř 2 miliardy tun oceli, pro které by bylo potřeba 2,4 miliardy tun šrotu. Skutečná celosvětová dostupnost šrotu činí přibližně 500 Mt (400 Mt se zpracovává přímo v ocelárnách a se zbývajícími 100 Mt se obchoduje).[30] Z tohoto pohledu je v současné době šrotu pro celkovou světovou výrobu oceli nedostatek. I kdyby se s celým celosvětovým objemem šrotu obchodovalo, představoval by asi třetinu roční potřeby výroby oceli, a to bez ohledu na skutečnost, že trh se šrotem funguje velmi odděleně (autonomně) a nemůže automaticky zajistit dostatek šrotu pro potřeby jednotlivých oceláren.

Dalším problémem je rostoucí poptávka po oceli v důsledku urbanizace (a stavebního a dopravního boomu) na hlavních rozvíjejících se trzích, která zvyšuje cenu ocelového šrotu – v první polovině roku 2022 byla na úrovni ceny oceli 2019/2020 a očekává se, že v dohledné budoucnosti zůstane vysoká.

Jedním z faktorů je také nevhodnost technologie EOP pro určité druhy oceli, přičemž výroba na bázi šrotu ztěžuje dosažení určitých druhů a tříd oceli.

V roce 2018 spotřebovaly české ocelárny ~1,8 Mt šrotu při celkové roční výrobě 5 Mt, což představuje ~30 % průměrné vsázky oceli.[25] Analýza materiálových toků ocelového šrotu provedená Ocelářskou unií ukázala, že v roce 2017 činila celková výroba šrotu 4,3 Mt, spotřeba 2,1 Mt a vývoz 2,2 Mt. Z celkové výroby bylo ~3 Mt šrotu vyrobeno v tuzemsku mimo ocelářský průmysl. Nejnovější údaje za rok 2021 ukazují, že dovoz šrotu do České republiky činí ~0,5 Mt, zatímco vývoz ~2,3 Mt, což podtrhuje dlouhodobý trend čistého vývozu[37] (pouze orientační údaje, přesné aktuální údaje nebyly v době zpracování této studie k dispozici). Šrot z České republiky se vyváží do zemí EU, a omezení tohoto vývozu je proto vzhledem k pravidlům jednotného trhu EU velmi obtížné. I na úrovni EU pokračuje dlouhodobý rostoucí trend vývozu ocelového šrotu mimo EU, přičemž hodnota čistého vývozu šrotu se v letech 2015–2020 zdvojnásobila.[38]

Společnost Liberty Steel v Ostravě v současné době realizuje projekt modernizace včetně plánů na přechod na výrobu na bázi šrotu. Studie MPO předpokládala 40 % podíl šrotu z přechodu na hybridní pece, ale následné oznámení společnosti Liberty naznačilo ambici postupného přechodu na 100% podíl šrotu. Současné čtyři stávající tandemové pece mají být do roku 2025 nahrazeny dvěma hybridními pecemi včetně 400 kV elektrického vedení.[39] Očekává se, že investice zpočátku sníží emise CO2 o 50 % díky 70% využití šrotu.[40] **Třinecké železárny** (Moravia Steel) v rámci svého projektu integrované transformace Green Werk rovněž připravují částečný přechod na EOP založený převážně na šrotu, realizace však bude záviset na směřování politiky EU v oblasti vývozu šrotu a dodávek elektřiny z obnovitelných zdrojů.[41] Přechod na výrobu EOP je v současné době ohrožen rostoucími cenami elektřiny. Spotřeba elektřiny v pecích EOP nebo hybridních pecích se 100% výrobou na bázi šrotu je 3–4× vyšší než u tradičních technologií (např. vysokých pecí). Celkově panují v domácím ocelářském průmyslu obavy, že Česká republika nemá pro budoucí potřeby naplánovány dostatečné dodávky energie.

Vyšší výtěžnost polotovarů

Možnosti optimalizace domácí výroby se považují za minimální. Polotovary (sochory, bramy atd.) se vyrábějí ve všech ocelářských podnicích v České republice na moderních zařízeních pro kontinuální lití (CCP) a dále se válcují na válcovacích linkách většinou řízených počítači. Výrobní ztráty na obou typech zařízení jsou zanedbatelné a jsou plně využity ve formě ocelového odpadu do ocelářského procesu společnosti.

Přímé opětovné použití oceli

Z pohledu průmyslu je hlavní překážkou opětovného použití komplikovaná záruka kvality opětovně použitých ocelových výrobků. Ocelové výrobky z výroby mají přesné rozměry a splňují materiálové požadavky technických norem pro jejich konkrétní použití (stavebnictví, strojírenství). Dodává je výrobce oceli, který tyto vlastnosti garantuje, požadavky na výrobek jsou kvantifikovány v příslušných technických normách a dodaná ocel musí splňovat bezpečnostní požadavky po celou dobu životnosti výrobku. Naproti tomu ocel získaná pro přímé opětovné použití nemá žádného garanta svých vlastností. Kromě toho mohou být v budovách a konstrukcích použity oceli od různých výrobců (trh s ocelí a ocelovými výrobky je celosvětově plně liberalizován) a jednotlivé druhy použité oceli nelze na konci životnosti budovy/konstrukce snadno identifikovat. I kdyby se to podařilo vyřešit, včetně praktického použití, každý kus

znovu použité oceli bude muset být testován (minimálně mechanickými zkouškami), aby se zajistilo, že je vhodný pro zamýšlené opětovné použití. Průmysl jako takový upřednostňuje současnou praxi sběru a recyklace šrotu a výrobků z oceli po skončení životnosti v hutích, kde lze oceli během výroby a zpracování na výrobky dodat specifické vlastnosti a zároveň splnit vlastnosti požadované konečným uživatelem.

Nižší spotřeba oceli ve výrobcích, budovách a službách, včetně použití vysokopevnostní oceli

Český ocelářský průmysl vyvíjí **vysokopevnostní ocel pro odlehčování** osobních a nákladních automobilů jako alternativu k výrobě primárního hliníku s vysokými emisemi. Tyto typy oceli umožňují snížit hmotnost ocelových automobilových dílů nebo konstrukcí až o 40 %, což přispívá ke snížení spotřeby oceli při výrobě vozidel a také ke snížení emisí během provozu díky nižší hmotnosti vozidel. To je nyní v průmyslu běžná praxe. V budoucnu mohou vlastnosti vysokopevnostních ocelí využívat také konstruktéři strojů a zařízení vyráběných v navazujících průmyslových odvětvích. Pro modernizaci a opravy stávajících výrobků je použití vysokopevnostních ocelí podmíněno zachováním funkčnosti modernizovaného výrobku a splněním stávajících předepsaných požadavků na výrobek.

24 | Cirkulární ekonomika oceli sedí (Ocelářská Unie, říjen 2019).

25 | Net Zero by 2050 – A Roadmap for the Global Energy Sector (International Energy Agency, květen 2021), s. 126–127.

26 | Net-zero Steel Sector Transition Strategy (Mission Possible Partnership, říjen 2021).

27 | Poznámka: Eurofer předpokládá dlouhodobý nárůst spotřeby oceli.

28 | Včetně snížení emisí CO2 na tunu primární a sekundární oceli do roku 2050.

29 | World Steel in Figures (Wordsteel, 2022).

30 | Interní údaje Ocelářské Unie (2022).

31 | European Steel in Figures (Eurofer, 2020).

32 | Apparent steel use (Worldsteel, 2022).

33 | Ocelářská Unie – procenta zahrnují celkovou spotřebu oceli, která se skládá jak z oceli vyrobené v tuzemsku, tak z oceli dovezené.

34 | EU nemůže dekarbonizovat bez rovných podmínek na globálním trhu (Konstrukce.cz, březen 2021).

35 | Six-sector specific ideas for Czechia's green transition (Climate & Company, listopad 2021).

36 | Analýza ocelářské unie (2022).

37 | Interní analýza Ocelářské unie, údaje ČSÚ.

38 | Evropská ocel v číslech (Eurofer, 2021).

39 | Low-CO2 emissions projects (Eurofer).

40 | LIBERTY Steel zahajuje v České republice velký projekt uhlíkové neutrality (Liberty Steel, listopad 2020).

41 | Transformace ocelárny začne výstavbou nové technologie (Třinecké železárny, červen 2022).

Cement a beton

Výroba cementu je z pohledu dekarbonizace českého průmyslu zásadní, a to jak z pohledu samotné výroby, tak i vzhledem k navazujícím aplikacím cementových výrobků ve stavebnictví. Zatímco cement tvoří v průměru pouze ~14 % hmotnosti betonu, představuje ~95 % jeho uhlíkové stopy. Přibližně dvě třetiny těchto emisí jsou spojeny s výrobou slínku (kalcinace), který tvoří hlavní složku portlandského cementu. V souvislosti s dekarbonizací se jako nejvýznamnější cirkulární opatření jeví snížení poměru slínku k cementu, nahrazení slínku betonovým prachem formou zpětného získávání z SDO, snížení poměru cementu k betonu v betonových směsích pro specifické aplikace a nižší spotřeba betonu při navrhování a výstavbě budov. Pilotně se testují i různé nízkouhlíkové receptury cementu, které by v budoucnu mohly přinést značné úspory CO2. Podle jednoho ze scénářů (ME:2) by mohla cirkulární opatření přinést až 60 % potřebných úspor k dosažení uhlíkové neutrality z výroby cementu v EU do roku 2050.

Emisní faktor výroby slínku v ČR se pohybuje kolem průměru EU (EEA, 2019), přičemž výroba cementu se na národních emisích CO2 podílí přibližně 2,5 %. Místní cementárny již dosáhly jednoho z nejvíce dekarbonizovaných energetických mixů v evropském cementářském průmyslu. Poměr slínku k cementu je mírně nad průměrem EU. Využití hlušiny z bývalých těžebních lokalit by vzhledem k očekávanému poklesu dostupnosti tradičních náhražek slínku mohlo být slibným zdrojem pro výrobu cementu. Existuje také značný potenciál pro rozšíření recyklace betonu, a to jak přímo za účelem znovuvyužití betonu, tak pro využití betonového prachu jako další náhrady slínku, což bude podpořeno připravovanou normou EU. Implementace těchto opatření však bude do značné míry záviset na změnách v projektování a stavebních postupech a na poptávce po zavádění recyklovaných a nízkouhlíkových cementových a betonových směsí v navazujícím stavebním průmyslu. Konkrétní tržní či regulatorní nástroje, které jsou nezbytné pro urychlenou implementaci těchto opatření, nejsou v rozsahu této studie.

Poznatky z mezinárodních studií

Cirkulární opatření pro dekarbonizaci cementářského průmyslu – STRANA NABÍDKY

Snížený poměr slínku k cementu

- **Průměrný obsah slínku v cementu v EU je 77 %.**[42]
- **Snížení obsahu slínku v cementu je jedním z hlavních způsobů, jak snížit emise z výroby cementu, a to nahrazením slínku doplňujícími cementářskými surovinami (supplementary cementitious materials – SCMs) s nižším emisním faktorem. Mezi hlavní SCM patří** mletý vápenec, vysokopecní struska (Grantulated Blast Furnace Slag – GBFS) či popílek, tedy materiály, jejichž dostupnost se postupně snižuje. Produkce GBFS či popílku se výrazně snižuje s postupným odstupem od těžby a využívání uhlí v energetice či v průmyslu (např. využití koksovatelného uhlí v ocelářství). Vzhledem ke snižující se dostupnosti těchto materiálů je nezbytné využívat alternativní zdroje, především přírodní nebo kalcinované pucolány (např. kalcinované jíly), jejichž ložiska jsou v EU nerovnoměrně rozmístěna (ME:2). Takzvané cementy „LC3“ využívají kombinaci vápence a kalcinovaných jílů a mohou pomoci nahradit popílek a GBFS.
- **Náhradní SCM by mohly do roku 2050 nahradit až 40 % slínku v cementu v EU (ME:2). Evropská asociace výrobců cementu CEMBUREAU přijala cíl EU, který stanovuje nahrazení 26 % slínku do roku 2030 a 35 % do roku 2050.**
- Společnost Ecocem (Francie) disponuje technologií, která údajně umožňuje nahradit až 80 % slínku kombinací několika paralelních postupů: GBFS, optimalizované velikosti částic a náhrady jinými umělými geopolymery (v případě nedostatku strusky se počítá s využitím umělých geopolymerů). Za předpokladu, že tyto technologie budou škálovatelné, mohou v budoucnu přinést ještě výraznější snížení poměru slínku k cementu (AGR).
- Kromě náhrady slínku při průmyslové výrobě cementu mohou existovat i možnosti přidávání náhražky slínku spolu s cementem do betonu na stavbách (IEA:3).

Alternativní pojiva a nové cementy

- **Ve vývoji je mnoho alternativních pojiv a cementů** (včetně belitického slínku, kalcium-sulfoaluminátového slínku, respektive cementu, alkalicky aktivovaných pojiv, hořečnato-křemičitanových slínků), přičemž **některé z nich budou pravděpodobně hrát významnou roli**

v rámci snah o dekarbonizaci. Ty, které mají největší potenciál úspor emisí, jsou však obvykle také nejméně dostupné a jejich přijetí brání různé technické překážky (ME:2).

→ Global Cement and Concrete Association (GCCA)[43] odhaduje, že v roce 2030 budou alternativy k portlandským slínkovým cementům tvořit pouze 1 % a v roce 2050 5 % cementu na celém světě, což přispěje ke snížení celkových emisí z betonu v roce 2050 o méně než 1 %.

→ CEMBUREAU uvádí potenciál 20–30 % úspory emisí CO2 u cementů na bázi těchto alternativních slínků díky nižším energetickým nárokům. Jejich použití je však omezeno pouze na specifické aplikace. CEMBUREAU předpokládá snížení procesních emisí o 2 % do roku 2030 a o 5 % do roku 2050 v EU.

Recyklace betonu

→ **V současné době se intenzivně zkoumají způsoby recyklace drobných částic betonu** (malých částic vzniklých drcením použitého betonu) **drcením a středně teplotním ohřevem použitého betonu**. **Tyto částice lze použít jako méně uhlíkově náročnou náhradu slínku, tedy jako substituční zdroj uhličitanu vápenatého v cementu**. Aby toho bylo možné dosáhnout, musí být beton účinně oddělen od ostatních stavebních materiálů, jako jsou omítky a cihly (IEA:1, ME:2).

→ Do roku 2050 by v EU činily emise CO2 na tunu primárního cementu 0,6 tuny ve srovnání s pouhými 0,1 tuny u recyklovaného cementu (o více než 80 % nižší intenzita emisí). Při zavedení recyklace cementu jako běžné praxe by průměrné emise z výroby cementu v EU (před CCU/CCS) mohly do roku 2050 klesnout o čtvrtinu na 0,48 tuny ve srovnání s dnešními 0,62 tunami CO2 na tunu cementu (ME:1).

→ **Recyklovaný beton** může také nahradit přírodní kamenivo používané do betonu, a snížit tak emise z dopravy díky kratším dodavatelským řetězcům.

Zpětné získávání nezreagovaného cementu

→ **Vyvíjejí se technologie, které umožňují využít 30–40 % cementu po ukončení jeho životnosti, a to separací nezreagovaných částí cementu z betonu** (ME:2).

→ Pilotní projekty společnosti SmartCrusher (Nizozemsko) prokázaly potenciál pro využití tohoto nezreagovaného cementu, který může nahradit až 80 % nového cementu na stavbách, čímž se ušetří téměř polovina emisí CO2. Tato technologie je rovněž schopna získat z betonu po skončení životnosti kamenivo s lepšími vlastnostmi ve srovnání s novým kamenivem, což má za následek o 15 % nižší potřebu cementu v betonové směsi než při použití primárního kameniva (ME:1).

Cirkulární opatření pro dekarbonizaci cementářského průmyslu – STRANA POPTÁVKY

Snížený obsah cementu v betonu

→ **Cement tvoří v průměru 14 % hmotnosti betonu, ale 95 % jeho CO2 stopy.**

→ **Požadovaná pevnost, spolehlivost a trvanlivost betonu by mohla být zachována při použití pouhé poloviny současného množství cementu**. Toho lze dosáhnout snížením nadměrné specifikace cementu a úpravou výroby tak, aby bylo dosaženo stejné pevnosti, a zároveň nahrazením poloviny nebo více pojiva (cementu) moderními plnivy (ME:2).

→ Vylepšené balení betonu také optimalizuje velikost kameniva při míchání betonu, aby se snížilo množství cementu potřebné k vyplnění prostoru pro beton stejné pevnosti. Příměsi (např. plastifikátory nebo dispergátory) mohou zlepšit zpracovatelnost a snížit potřebu cementu pro danou pevnost betonu. Ke snížení obsahu cementu lze do betonu přidávat také plniva, jako je mletý vápenec, dolomit, čedič a křemen (IEA:3).

→ CEMBUREAU odhaduje, že digitalizace (pro optimalizaci dodávek, monitorování během dopravy, lití a používání příměsí, měření uhlíkové stopy betonu a zlepšení třídění kameniva) může v EU do roku 2030 snížit podíl cementu v betonu o 5 % a do roku 2050 o 15 %.

→ **Tyto typy opatření vyžadují zásadní změny současných průmyslových postupů včetně prodloužení doby tuhnutí betonu a koordinovaného postupu v celém hodnotovém řetězci.**

Nižší spotřeba betonu

→ Různé strategie na straně poptávky ve stavebnictví mohou výrazně snížit množství nového betonu potřebného pro danou stavbu nebo službu (viz níže samostatná kapitola). Mezi tyto strategie patří:

- Inovativní design a optimalizace prostoru.
- Použití odlehčených materiálů a optimalizace konstrukcí.
- Kompozitní rámy.
- Prefabrikace.
- Použití dřeva jako náhradního stavebního materiálu.
- Snížení množství stavebního odpadu a zlepšení výtěžnosti.
- Intenzivnější využívání budov a prodlužování jejich životnosti, zejména prostřednictvím renovací.

→ GCCA[44] odhaduje, že vyšší efektivita použití betonu při navrhování a výstavbě (volba geometrie a systému betonových podlahových desek, volba roztečí betonových sloupů a optimalizace pevnosti betonu / velikosti prvků / procentuálního podílu výztuže) by mohla do roku 2030 dosáhnout 7% a do roku 2050 až 22% snížení emisí CO2 z betonu na celém světě. Plán CEMBUREAU obsahuje podobné odhady pro Evropu, ale předpokládá, že tyto úspory

mohou být kompenzovány zvýšenou poptávkou po betonu v oblasti protipovodňové ochrany, dopravy a infrastruktury pro obnovitelné zdroje energie.

Rekarbonizace cementu při zpracování betonu s ukončenou životností

→ Cement má přirozenou tendenci absorbovat CO_2 (zpětnou absorpcí CO_2 hydratovanými jemnými částicemi bohatými na vápník). Jemně rozdrcený beton lze vystavit působení vzduchu, aby se maximalizovala míra absorpce CO_2. Případně lze drobné betonové frakce zahřívat v prostředí bohatém na CO_2, aby se urychlila absorpce CO_2, například pomocí spalin z cementářské pece. Fastcarb (Francie) je příkladem projektu, který se zaměřuje na vyvíjení účinnějších technik pro opětovnou separaci betonu na jeho dílčí složky. Část těchto frakcí lze využít pro absorpci CO_2 a pro opětovnou výrobu slínku, přičemž vedlejším přínosem je snížení využívání dalších zdrojů, jako je písek a vápenec (AGR).

Odhady dekarbonizačního potenciálu cirkulární ekonomiky

Svět

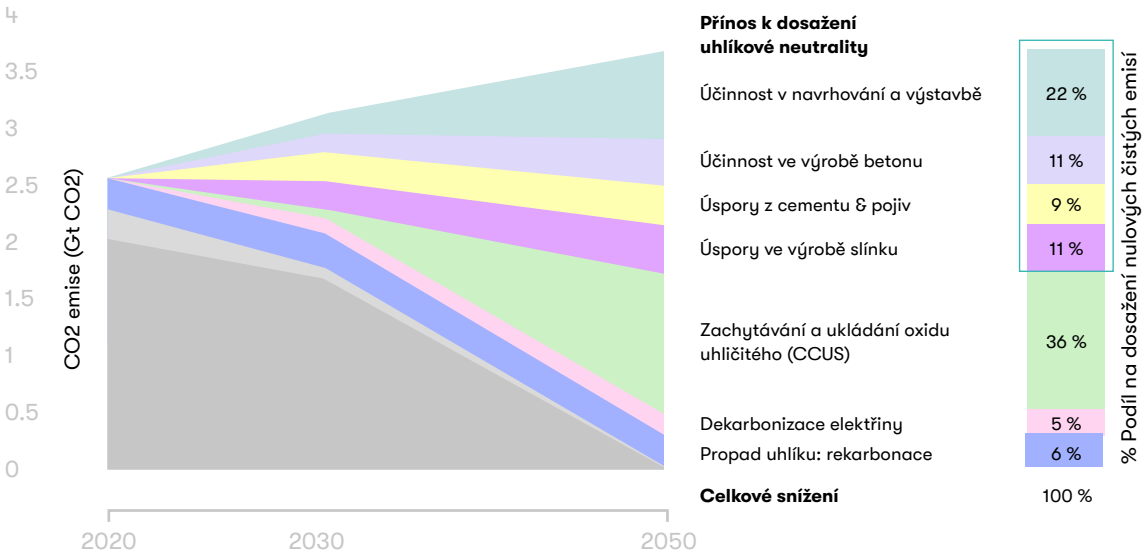
GCCA nedávno publikovala dekarbonizační roadmapu do roku 2050, která se zaměřuje na výrobu a využití cementu a betonu. Podle této studie[44] **až 53 % celkového příspěvku souvisí právě s cirkulárními opatřeními**, a to buď prostřednictvím úspor díky vhodnějšímu využívání cementu a slínku v betonu, nebo díky vyšší materiálové účinnosti (nižší spotřeba) při globálním používání betonu.

Evropská unie

Cement je odpovědný za 30 % zabudovaných emisí v budovách, a je tak nejvýznamnějším stavebním materiálem z pohledu emisí CO2 v EU. Na každou vyrobenou tunu cementu připadá přibližně 0,7 tun emisí CO2. I po zavádění efektivnějších procesů by se emise z cementu v EU v roce 2050 blížily současné úrovni. Cirkulární opatření zaměřující se na vyšší materiálovou účinnost a na snížení spotřeby cementu jsou tedy pro dekarbonizaci tohoto sektoru zásadní (ME:1). Společnost Material Economics ve své analýze z roku 2019 zvažovala více scénářů pro dosažení uhlíkové neutrality v cementářském průmyslu v EU do roku 2050. **Jeden z těchto scénářů preferuje cirkulární opatření včetně maximální optimalizace využití cementu během celého životního cyklu. Tento scénář odhaduje až 65% snížení spotřeby cementových materiálů, než je zapotřebí při současných postupech, což představuje 60 % celkových úspor emisí (ME:2). Navýšení materiálové účinnosti by zároveň nemělo ohrozit ekonomické přínosy tohoto sektoru.**

V porovnání s výchozím rokem 2017 je plán dekarbonizace do roku 2050 od společnosti CEMBUREAU[43] konzervativnější a odhaduje 38% úsporu emisí při zavedení cirkulárních opatření. Těchto 38 % lze detailněji rozdělit na jednotlivá

GCCA: Scénář uhlíkové neutrality pro cement a beton podle jednotlivých dekarbonizačních strategií (celosvětový pohled) Gt CO2eq/rok, 2020–2050)

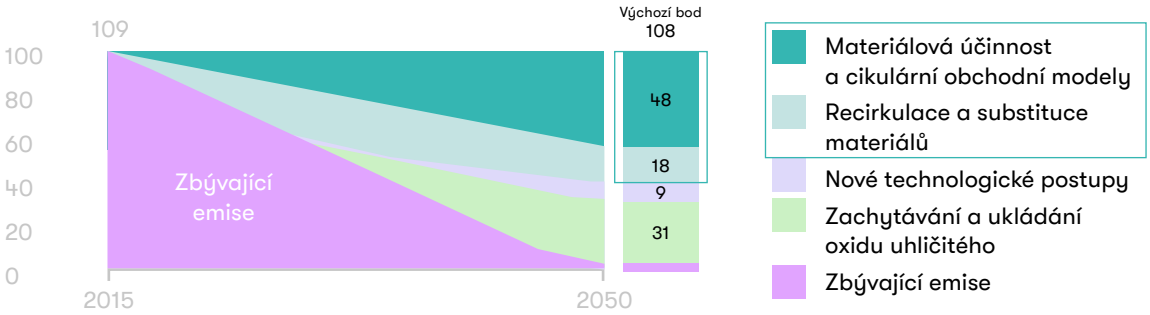


Zdroj: GCCA 2050 Cement and Concrete Industry Roadmap for Net Zero Concrete (říjen 2021), s. 24.

opatření včetně dekarbonovaného nebo nízkouhlíkového slínku (6 %), snížení poměru slínku k cementu (11 %), zlepšení betonové směsi (8 %) a vyšší účinnosti při využití betonu (13 %). Plán výrazně spoléhá na zavádění CCU/CCS, které představuje 42 % celkového snížení emisí.

Agora Industry ve své studii z roku 2022 (AGR) upozorňuje na výzvy spojené s CCU/CCS, a to převážně v souvislosti s náročnými požadavky na infrastrukturu, které se projeví vysokou spotřebou stavebních materiálů, a tedy i vysokou emisní náročností. Podle AGR mohou **cirkulární opatření dosáhnout 15 % snížení emisí CO2 z výroby cementu do roku 2030** (10 % z nových receptur pojiv, 5 % z recyklace cementu) **a 45 % do roku 2050** (30 % z nových receptur pojiv, 15 % z recyklace cementu) ve srovnání se scénářem BAU (business-as-usual). Tyto scénáře zároveň neberou v potaz navazující potenciál v úsporách ve stavebnictví. Úspory z recyklace cementu předpokládají, že přibližně 15 % ročního objemu odpadu z demolic betonu v EU bude využito pro recyklaci cementu a nejméně 60 % cementových jemných částic v tomto odpadu bude plně využito a znovu použito k nahrazení primárního cementového slínku.

Material Economics: Cirkulární scénář pro dosažení uhlíkové neutrality při výrobě cementu v EU (Mt CO2eq/rok, 2050)



Důraz na materiálovou účinnost, nové obchodní modely a substituci:

• Koordinované úsilí aktérů v celém hodnotovém řetězci, včetně výrobců cementu, výrobců betonu, architektů, stavebních společností a demoličních firem, může podle této strategie společně zajistit dvě třetiny potenciálu materiálové účinnosti a substituce materiálů.

• Mezi klíčové faktory patří revize norem umožňující nové postupy, změna chování a šíření nových postupů napříč hodnotovým řetězcem a digitalizace a zavádění nových stavebních postupů.

Zdroj: Industrial Transformation 2050 (Material Economics, 2019), s. 181.

Česká republika

Současné zaměření na dekarbonizaci cementu v ČR

Roční produkce cementu v České republice se pohybuje kolem 4,5 milionu tun, což představuje přibližně 2 % evropské produkce. Výroba slínku v roce 2020 emitovala ~3 mil. tun CO2[44] (2 mil. z procesu kalcinace, 1 mil. ze spalování paliva). To představuje 2,5 % celkových emisí cementu v EU (z kalcinace) a 2,4 % celkových emisí v ČR.[45] Očekává se, že emise ze spalování paliv se v budoucnu sníží díky postupnému navyšování alternativních zdrojů energie, jako je vodík nebo biomasa. Při vypalování slínku je zapotřebí dosáhnout vysokých teplot (~1450 °C) v rotačních pecích, což v současnosti znemožňuje využití elektřiny pro tyto účely. Podle Svazu výrobců cementu ČR místní cementárny již dosáhly jednoho z nejvíce dekarbonizovaných energetických mixů v evropském cementářském průmyslu, mimo jiné díky průměrnému 85 % využití alternativních paliv ze společného zpracování odpadu, včetně 30 % biomasy.

Podle studie MPO o dekarbonizaci průmyslu z roku 2020[46] je hlavním způsobem, jak snížit emise z procesů, zachycování a využívání nebo ukládání uhlíku (CCU/CCS). Studie však upozorňuje, že se jedná o energeticky velmi náročné technologie, které zahrnují rozvoj potřebné infrastruktury na evropské úrovni. V roce 2021 vyčlenila Česká republika v rámci Modernizačního fondu 7,4 miliardy Kč na snižování emisí CO2 v průmyslu, přičemž jedním z cílů je dekarbonizace výroby cementu, a to především prostřednictvím snížení energetické náročnosti.[47] V současné době se na CCU/CCS připravuje nejméně jedna cementárna v ČR formou pilotního projektu, který je podporován jak z Inovačního, tak z Modernizačního fondu a jehož vznik se očekává v horizontu 7–10 let.

V souladu s plánem CEMBUREAU do roku 2050 zástupci českého cementářského průmyslu zdůrazňují, že dekarbonizace cementu může probíhat pouze v kontextu stavebního průmyslu a celého životního cyklu cementu a betonu, slínku – cementu – betonu – stavebnictví – rekarbonace, tento cyklus je označován jako „5C“ (Clinker, Cement, Concrete, Construction, re-Carbonation), protože úplná dekarbonizace pouze cementu není možná. Nový dekarbonizační plán Svazu výrobců cementu ČR (SVC ČR), zveřejněný v červnu 2022, rámcově navazuje na rámec CEMBUREAU 5C.[47]

Stav vybraných cirkulárních opatření pro dekarbonizaci

Poměr slínku k cementu

Podle SVC ČR činil v roce 2020 průměrný obsah slínku v cementech v ČR 79 %. SVC ČR odhaduje, že by průmysl mohl v dohledné době nahradit až 5 % slínku dekarbonizovanými SCM nebo recyklovaným betonovým prachem.[47] Dostupnost hlavních SCM v ČR je omezená a v budoucnu se očekává jejich nedostatek: v horizontu 10–12 let u vysoce kvalitní vysokopecní strusky a do 25 let u popílku. Tento nedostatek může být způsoben například omezením činnosti ocelářského průmyslu nebo vysokými cenami vysoce kvalitní strusky. Podle představitelů ČEZ by mělo být také dosaženo jednotné dohody mezi členskými státy EU o nakládání s vápencem, který by měl být považován za vzácnou surovinu a měl by být využíván pouze tam, kde je ho naléhavě zapotřebí.

V tomto ohledu má Česká republika značný nevyužitý potenciál v podobě starých odkališť a výsypek z bývalých těžebních lokalit, které obsahují více než 500 milionů tun hlušinového materiálu o granulometrii 0–200 μ (mikrometrů), 200–1000 μ a 1000–4000 μ. Tyto odpadní materiály by se mohly stát surovinovou základnou České republiky s uplatněním ve stavebnictví, ale v současné době je využití těchto materiálů komplikováno otázkou jejich klasifikace – zda se jedná o „abraziva“, nebo „plniva“. Do budoucna se nabízí možnost využití těchto odpadních materiálů po těžbě ve spolupráci se státním podnikem DIAMO, který se specializuje na sanace následků hornické činnosti po těžbě uranu, rud a části uhlí.

Studie MPO o dekarbonizaci i plán dekarbonizace SVC ČR vidí jednu z nejslibnějších oblastí pro snížení emisí z cementu ve výběru vhodných cementových směsí pro různé druhy použití betonu, což umožní větší využití cementu s nižším poměrem slínku k cementu. Některé směsi CEM II mají obsah slínku až 65 %. Směsi CEM III (využívající vysokopecní strusku) mohou mít až 5 % slínku, ale v současnosti tvoří méně než 5 % výroby.

Související strategií je diferenciace cen cementu podle obsahu slínku, která však rovněž naráží na různé překážky, přičemž studie MPO uvádí, že taková praxe není v současné době proveditelná s ohledem na měnící se investiční příležitosti, cyklickou povahu stavební činnosti a další nejistoty vyplývající z neustále se vyvíjející legislativy EU. Existují případy, kdy se používají betonové směsi s nižším obsahem cementu, například pro základy, ale obecnou praxí na stavbách je používat co nejméně různých betonových směsí, což vede k nadměrnému používání cementu v betonu.[48]

Alternativní pojiva a nové cementy

Přestože se v současné době na evropské úrovni vyvíjejí různé alternativní slínky, dostupnost těchto směsí v praxi se v České republice očekává až v roce 2040 a později. Podle SVC ČR situaci komplikují konkrétní normy a eurokódy, které upřednostňují současné silikátové slinky. V českém cementářském průmyslu panuje shoda, že vývoj nových betonů a cementových směsí je v současné době technologicky možný, ale brání mu současná legislativa, která nejde ruku v ruce se Zelenou dohodou.

Recyklace betonu a obsah cementu v betonu

V České republice existují slibné projekty, které používají stavební odpad místo přírodního štěrku do betonu, čímž se snižuje obsah cementu o 45 kg na m^3 betonu.[49] Jedná se o klíčový trend, neboť se předpokládá, že více než polovina provozovaných kamenolomů a pískoven v zemi bude v příštích 10 letech pravděpodobně uzavřena a rozšíření nebo otevření nových lomů je obvykle složitý a zdlouhavý proces.[47]

V roce 2018 bylo při výpalu slínku použito v průměru 3,5 % druhotných surovin (recyklovaného betonového prachu) a při výrobě finálního betonu 19,1 % druhotných surovin (recyklovaného kameniva).[50] Větší recyklaci betonu a dalších stavebních odpadů podporuje trend zvýhodněného financování ze strany bank a investorů pro projekty, které splňují kritéria udržitelnosti a Taxonomie EU včetně větší recyklace stavebního a demoličního odpadu. Překážkou v praxi jsou rozdílné vlastnosti recyklovaného betonu, jako je jeho nasákavost nebo ostrost, a problematická se jeví i mrazuvzdornost recyklovaného betonu.

Stavební projekt 2021 v polské Varšavě ve spolupráci se společností Skanska se zaměřil na problematiku mrazuvzdornosti a doby tvrdnutí betonu s recyklovaným betonem Vertua (nízkoemisní beton) a přinesl následující zjištění: pro beton při nízkých teplotách (−10 °C) bylo nutné přidávat tzv. zimní přísady, které zvyšují cenu betonu o 1,1 EUR na 1 m^3. Doba tvrdnutí tohoto typu betonu pro svislé stavební prvky se pohybuje v rozmezí 24–36 hodin v závislosti na počasí a typu betonových prvků, přičemž u tenčích prvků, jako jsou stěny nebo sloupy, je doba schnutí přibližně 12 hodin.

Z regulatorního hlediska je příležitostí pro větší využití recyklovaného betonu pro výrobu cementu připravovaná neharmonizovaná evropská norma pro cement se složkou obsahující jemné částice z recyklovaného betonu. Projednání a schválení této normy se očekává v roce 2023.

42 | Cementing the Green Deal – Reaching Climate Neutrality Along the Cement and Concrete Value Chain by 2050 (CEMBUREAU, květen 2020).

43 | The GCCA 2050 Cement and Concrete Industry Roadmap for Net Zero Concrete (GCCA, říjen 2021).

44 | Svaz výrobců cementu ČR – DATA 2020 (SVC, 2021).

45 | EEA – Roční inventura skleníkových plynů Evropské unie 2021 (květen 2021).

46 | MPO – Studie dekarbonizace českého průmyslu, kap. 8 – Nekovové minerální výrobky (září 2020).

47 | MŽP – Modernizační fond otevírá další 3 výzvy. 7,4 miliardy korun radikálně sníží emise CO2 v průmyslu (červenec 2021).

48 | Sustainable Materials: With Both Eyes Open (UIT Cambridge, 2012).

49 | Například společnost Cementum.

50 | Český statistický úřad (ČSÚ) a SVC ČR.

51 | ReShaping Plastics – Pathways to a circular climate neutral plastics system in Europe (Systemiq, duben 2022).

Plasty

Cirkulární příležitosti ke snížení emisí CO2 v chemickém průmyslu se týkají především plastů. Emise na tunu recyklovaných plastů jsou již nyní v průměru o 80–85 % nižší než u primárních plastů, což představuje obrovský potenciál pro dekarbonizaci. V současné době se však v EU recykluje pouze 15 % plastového odpadu, přičemž nedávné studie naznačují, že více než třetina plastového odpadu není evidována. Snížení spotřeby plastů a rozvoj cirkulárního systému plastů založeného na modelech opětovného použití a maximálního využití a recyklace odpadních plastů doplněných o udržitelné suroviny z biomasy jsou proto pro dekarbonizaci plastů zásadní. V jednom ze scénářů pro přechod na uhlíkovou neutralitu (ME:2) by cirkulární ekonomika mohla do roku 2050 zajistit více než 80 % požadovaného snížení emisí spojených s plasty, a to prostřednictvím kombinace snížení poptávky, mechanické recyklace, rozšířené chemické recyklace a plastů na bázi biologických materiálů využívajících udržitelné zdroje biomasy.

Díky nedávným změnám v legislativě týkajících se obalů a oficiálních definic recyklace je nyní reálnější pohled na nízkou úroveň skutečné recyklace plastového odpadu v České republice. To naznačuje velkou příležitost k přechodu na cirkulární systém plastů, který nejen vyřeší problém plastového odpadu a znečištění, ale také odstraní většinu emisí CO2 z výroby a spotřeby plastů v ekonomice. I když je místní míra sběru plastového odpadu vysoká, hlavními současnými překážkami zůstávají nízké náklady a vysoký podíl skládkování, slabá recyklační infrastruktura a neexistence systému vracení záloh na PET láhve. Počáteční projekty chemické recyklace a bioplastů vyráběných z toků biologického odpadu jsou slibným vývojem, který je třeba rozšířit a podpořit a zároveň zajistit, aby přinesl významné snížení emisí CO2 ze systému plastů v rámci celého životního cyklu.

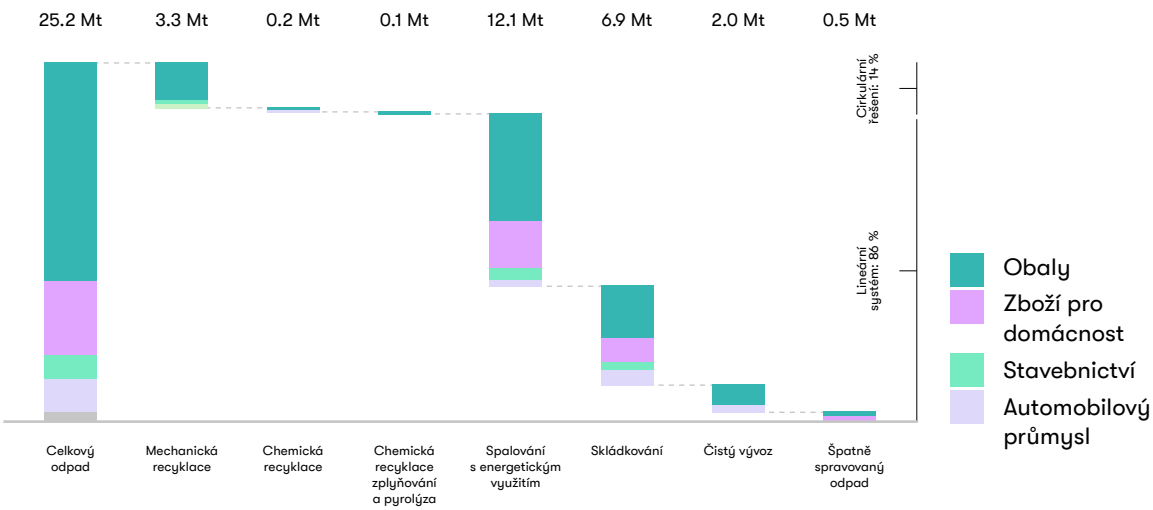
Poznatky z mezinárodních studií

Podle nedávné studie společnosti Systemiq[51] se očekává, že spotřeba plastů v EU ve čtyřech odvětvích, která představují 75 % celkové poptávky po plastech – obaly, zboží pro domácnost, stavebnictví a automobilový průmysl – vzroste mezi lety 2020 a 2050 o 30 %.

V současné době se v EU nakonec recykluje pouze asi 15 % sebraných plastových odpadů z těchto odvětví, zbytek se buď spaluje s energetickým využitím, vyváží nebo ukládá na skládky. Tento objem skládkování a spalování odpovídá téměř 30 MtCO2eq čistých emisí ročně a ztrátě materiální hodnoty 35–55 miliard EUR. Kromě toho existuje 45% rozdíl mezi poptávkou po plastech v EU (51,4 Mt, 2019) a oficiálně vykazovaným plastovým odpadem (29,1 Mt, 2019), který je příliš velký na to, aby mohl být vysvětlen přírůstkem zásob plastů v užívání. To naznačuje, že v systému nakládání s odpady v EU v současné době „chybí" velký objem plastového odpadu, který není zahrnut v analýze Systemiq.

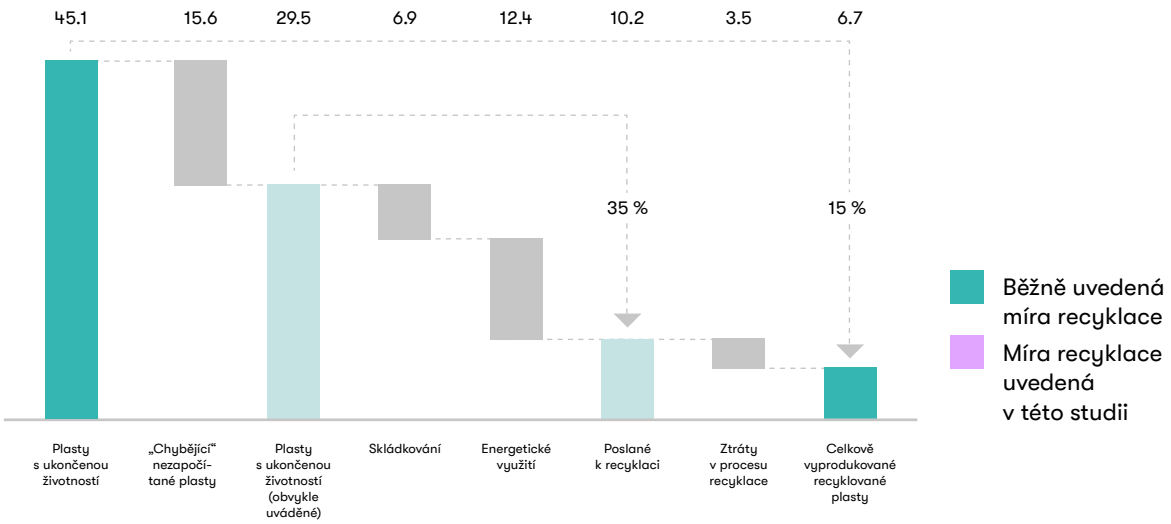
V analýze těchto „chybějících plastů" z roku 2022[52] odhaduje Material Economics skutečný objem odpadních plastů v EU (ve všech odvětvích) na přibližně 45 Mt v roce 2020, a to po započtení ročních přírůstků zásob v užívání. To je o 50 % více než ~30 Mt/rok uváděných v oficiálních statistikách jako „odděleně sebrané" odpadní plasty. Z odděleně sebraných plastů bylo 41 % spáleno, 24 % skládkováno a 35 % předáno k recyklaci. Z 10 Mt odeslaných k recyklaci bylo nakonec recyklováno pouze 60 %, zbytek byl vyvezen nebo ztracen v procesu recyklace. Konečná míra recyklace ve výši 15 % se tedy vztahuje i na celkový objem plastového odpadu EU ve všech odvětvích.

Systemiq: 86 % plastového odpadu v systému EU za rok 2020 bylo špatně spravováno, vedlo k likvidaci nebo vývozu.
2020 Fyzický osud plastového odpadu v Evropě ve čtyřech dílčích systémech



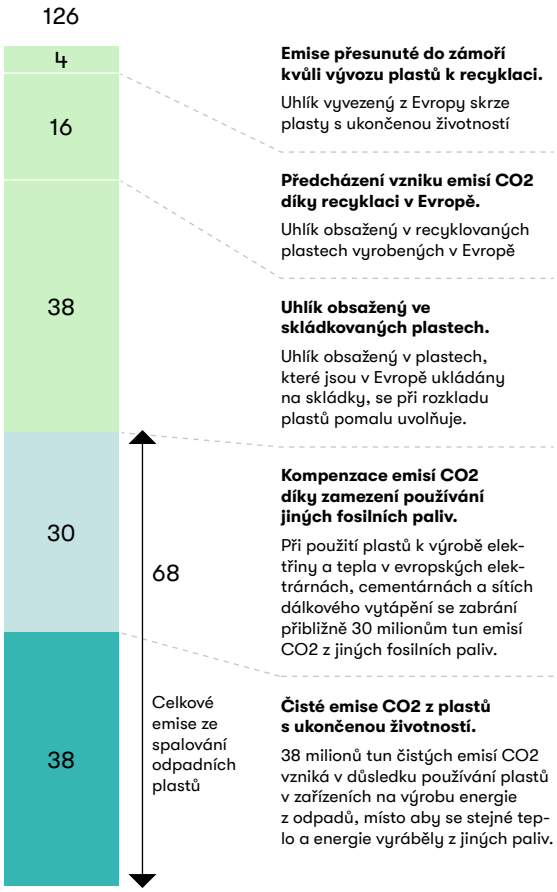
Zdroj: ReShaping Plastics: (Systemiq, duben 2022), s. 25.

Material Economics: Nakládání s odpady s ukončenou životností v Evropě, 2020
Milionů tun plastu, EU28 + NO/CH



Zdroj: Europe's missing plastics (Material Economics, březen 2022), s. 17 a 21.

Nakládání s evropskými plasty s ukončenou životností, 2020
Milionů tun CO2eq



Zdroj: Europe's missing plastics (Material Economics, březen 2022), s. 17 a 21.

Opatření cirkulární ekonomiky pro dekarbonizaci plastů – STRANA NABÍDKY

Zvýšená mechanická recyklace

→ Již dnes jsou emise z mechanické recyklace o 80 % nižší než emise z primárních plastů, a ještě větší emise vznikají při spalování primárních plastů na konci jejich životnosti. V rámci „cesty cirkulární ekonomiky" podle Material Economics (ME:2, 2019) by se do roku 2050 opětovně použilo nebo mechanicky recyklovalo až ~35 % odpadních plastů (více než dvojnásobek současné míry v EU) a **mechanicky recyklované plasty by pokryly ~25 % poptávky po plastech, což by přispělo k téměř 20% snížení základních emisí pro dosažení uhlíkové neutrality do roku 2050**, přičemž chemická recyklace by pokryla téměř polovinu poptávky.

→ Společnost Agora Industry odhaduje, že zvýšení mechanické recyklace by do roku 2050 přispělo ke snížení emisí CO2 z plastů v EU o 27 % oproti základnímu scénáři. Mechanická recyklace je energeticky, materiálově a nákladově nejefektivnější recyklační technologií, ale vyžaduje relativně čisté toky odpadů, aby se zabránilo downcyklaci (znehodnocení materiálů). Rozhodující význam pro snížení objemu plastů, které končí ve směsném komunálním odpadu, bude mít širší využívání nástrojů, jako jsou systémy vratných záloh (mimo láhví) a pravidla ekodesignu výrobků, která eliminují kontaminanty a upřednostňují typy polymerů vhodné pro mechanickou recyklaci (AGR, 2022).

Rozšíření chemické recyklace

→ Protože chemickou recyklací lze dosáhnout kvality podobné prvotní recyklaci, je atraktivní možností pro plasty nevhodné k mechanické recyklaci. Mezi nové technologie patří depolymerizace, recyklace vstupních surovin pyrolýzou nebo zplyňováním a solvolýza. V systému s nulovými čistými emisemi musí být téměř veškerý uhlík na vstupu přeměněn na výstupu, aby byla zachována vysoká hmotnostní bilance uhlíku. **V optimálním případě mohou být emise CO2 na tunu sníženy o více než 90 % ve srovnání s primárními plasty. V rámci „cirkulárního scénáře", za předpokladu optimálního příspěvku mechanické recyklace a opatření ke snížení poptávky, pokrývá chemická recyklace téměř 50 % poptávky po plastech a přispívá ke snížení emisí téměř 30 %** (ME:2, 2019).

→ Společnost Agora Industry odhaduje, že rozsáhlá chemická recyklace by mohla přispět ke snížení emisí CO2 z plastů v EU o 44 % oproti základnímu scénáři. Chemickou recyklaci lze mimo jiné využít k maximálnímu využití odpadních plastů ze směsných odpadů, které jsou obvykle příliš znečištěné pro kvalitní mechanickou recyklaci. Až 75 % plastů z těchto toků může být využito a může být stále životaschopných pro chemickou recyklaci (AGR, 2022).

→ Chemická recyklace by měla být využita k řešení nejobtížněji řešitelných toků odpadů, zejména k zajištění cirkulárního nakládání s obaly na potraviny s přísnými bezpečnostními a hygienickými požadavky. Infrastruktura pro

chemickou recyklaci musí být správně zavedena s odpovídající politickou podporou, aby se zabránilo budování tras pro přeměnu plastů na palivo nebo zvyšování emisí skleníkových plynů v systému.[53]

Využití udržitelných surovin z biomasy (bioplasty)

→ I v nejambicióznějším scénáři (ME:2, 2019) mohou recyklované plasty (mechanické a chemické) do roku 2050 pokrýt pouze 60–70 % poptávky po plastech v EU, což znamená, že při dosažení uhlíkově neutrálního systému plastů zbývá zaplnit mezeru. I při 70 % míře recyklace by se do 15 let uvolnily přibližně dvě třetiny zabudovaných emisí ve formě CO2. Různé vstupní suroviny z biomasy lze zpracovat na bioetanol, biometanol, bioplyn nebo biolíh (např. anaerobní digescí nebo zplyňováním) pro výrobu konvenčních plastů. Biogenní uhlík emitovaný při spalování plastů na konci jejich životnosti je kompenzován uhlíkem zachyceným během růstu biomasy, takže nedochází k žádným čistým emisím. Vzhledem k nedostatku udržitelných zdrojů biomasy by však měly být plasty na bázi biosložky strategicky využívány v rámci širšího cirkulárního systému plastů prostřednictvím flexibilních procesů, které mohou využívat toky biomasy s nejnižšími alternativními náklady. **V různých scénářích by se plasty na bázi biotechnologií podílely 27–33 % na snížení emisí oproti základnímu scénáři v roce 2050 při přechodu na uhlíkovou neutralitu**.

→ Politika EU v oblasti klimatu sice podporuje udržitelné využívání biomasy, ale navrhovaná revize druhé směrnice o obnovitelných zdrojích energie (RED II) ukládá členským státům povinnost zavést režimy podpory v souladu s hierarchií biomasy a zakazuje využívání biomasy z „primárních lesů a lesů s vysokou biologickou rozmanitostí“. Jakmile se zvýší poptávka průmyslu po surovinách z biomasy, může to mít od roku 2030 za následek nedostatek dodávek.[54]

Opatření cirkulární ekonomiky pro dekarbonizaci plastů – STRANA POPTÁVKY

Opětovné použití plastů a prodloužení životnosti výrobků

→ Agora Industry s odvoláním na Material Economics odhaduje, že vhodné režimy podpory přístupů ke snižování a opětovnému použití plastových obalů by mohly v roce 2050 snížit emise v celém hodnotovém řetězci plastů přibližně o 11 % ve srovnání se základním scénářem (AGR).

→ Při modelování společnosti Systemiq konkrétně pro plastové obaly by modely opětovného použití mohly v optimalizovaném scénáři vést ke snížení množství plastových obalů a souvisejícího odpadu o 30 % do roku 2050 a zároveň ke snížení emisí skleníkových plynů o 26 % ve srovnání se základní poptávkou po obalech.[53]

Intenzivnější používání výrobků obsahujících plasty

→ **Neustálé inovace by mohly dále snížit současné používání plastů v obalech na spotřební zboží nejméně o 20 % při zachování stejné funkčnosti.** Zásady cirkulárního designu mohou pomoci snížit objem použitých plastů nebo snížit hmotnost použitím plastů s vyšší pevností (ME:2).

→ V jiném příkladu mohou být konstrukční materiály, jako jsou vyztužené kompozity (např. pro lopatky větrných turbín), navrženy podle přísnější specifikace, aby se **snížilo množství potřebného materiálu ve srovnání s nadimenzovanými součástmi.**[55]

Náhrada materiálu nebo výrobku

→ Obecně lze říct, že nahrazení plastů náhradami s nižším obsahem uhlíku nebo výrazné změny chování a/nebo životního stylu mohou významně snížit čistou poptávku po plastech.[57]

→ Až 25 % současných plastů používaných v obalech by mohlo být nahrazeno alternativami na bázi vláken, které mají podobné bariérové vlastnosti, tvarovatelnost, průhlednost atd. (ME:2).

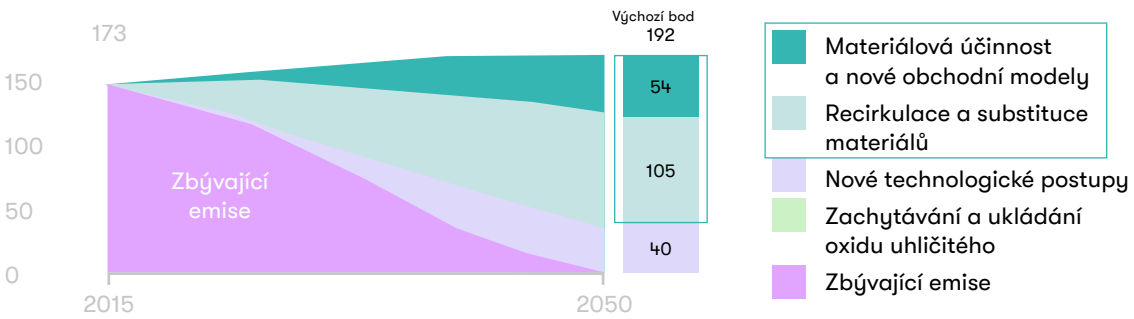
→ Při upřednostňování systémů opětovného použití modelování společnosti Systemiq předpokládá, že do roku 2050 bude 8 % plastů používaných v obalech nahrazeno papírem, natíraným papírem nebo kompostovatelnými materiály v případech, kdy modely opětovného použití nejsou použitelné, a za předpokladu, že tyto alternativy mají menší dopad na klima.[53]

Odhady dekarbonizačního potenciálu cirkulární ekonomiky

Evropská unie

Ve své studii z roku 2019 (ME:2) společnost Material Economics modelovala cirkulární cestu, v níž **by cirkulární opatření mohla zajistit více než 80 % celkového**

Material Economics: Cirkulární cesta k uhlíkové neutralitě plastů v EU (Mt CO2eq/rok, 2050)



Důraz na opatření na straně poptávky s cílem dosáhnout materiálově účinného a cirkulárního odvětví plastů:

• Důraz na příležitosti na straně poptávky v oblasti materiálové účinnosti, substituce materiálů a nových cirkulárních obchodních modelů pro plasty, což povede ke snížení objemu výroby na 52 Mt do roku 2050.

• Vysoce cirkulární scénář s 62 procenty vyrobenými mechanickou a chemickou recyklací a zbývajícími 38 procenty z biomasy.

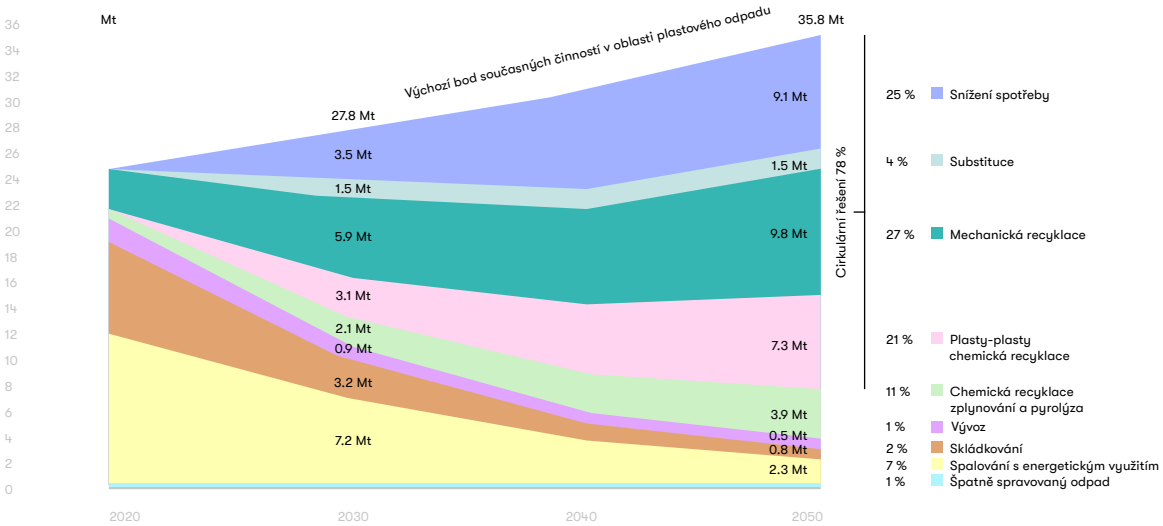
Zdroj: Industrial Transfomation 2050 (Material Economics, 2019), s. 131.

snížení emisí plastů pro dosažení uhlíkové neutrality do roku 2050, a to ambicióznějším rozšířením chemické recyklace při současném využití surovin z biomasy, které by nahradily zbývající primární fosilní vstupy. Výroba plastů by byla o 30 % nižší než v základním scénáři, přičemž více než 60 % by bylo mechanicky nebo chemicky recyklováno a zbytek by se vyráběl ze surovin z biomasy.

Ve své analýze „chybějících plastů“ z roku 2022 zdůrazňuje[56] Material Economics **zásadní význam zvyšování cirkularity plastového systému**. Uvádí, že bez zvýšení recyklace by čisté emise EU ze spalování plastů s ukončenou životností mohly do roku 2050 narůst na 126 Mt CO2eq., a to v důsledku 30% nárůstu objemu plastů, dalšího spalování v důsledku postupného ukončování skládkování a snížení „kompenzačního přínosu“ z vytěsnění spalování fosilních paliv v nízkouhlíkovém energetickém systému. Na toto riziko upozorňuje i Agora Industry (AGR), která uvádí, že při neexistenci účinných pobídek k recyklaci bude postupné ukončování skládkování v EU do roku 2030 a omezení vývozu odpadů podle Komisí navrhované revize Nařízení o přepravě odpadů sloužit ke zvýšení objemu spalování.

Scénář cirkulární ekonomiky vyvinutý společností Systemiq[53] by v **evropském systému plastů do roku 2050** dosáhl **78 % míry cirkularity, což by do roku 2050 snížilo likvidaci plastů na konci životnosti o 80 % ve srovnání se současností a účinně snížilo emise CO2 o 65 % prostřednictvím doplňkových systémových zásahů v hodnotovém řetězci plastů**. To by si vyžádalo investice v odhadované výši 160–180 miliard EUR v období 2020–2050, ale opatření cirkulární ekonomiky jsou podle odhadů nejrychlejší, nejdostupnější, nejúčinnější a nejspolehlivější metodou snižování emisí skleníkových plynů a plastového odpadu, přičemž většiny souvisejících přínosů lze dosáhnout do roku 2040.

Systemiq: Osud plastových obalů, plastů z domácností, automobilového průmyslu a stavebnictví 2020–2050 (Mt)



Zdroj: ReShaping Plastics (Systemiq, duben 2022), s. 12.

Česká republika

Současné zaměření domácí politické agendy dekarbonizace

Hlavním bodem agendy dekarbonizace v českém chemickém průmyslu byly potenciální dopady Zelené dohody pro Evropu a související obchodní příležitosti, zejména v pododvětví plastů a pryže, které představují téměř 70 % celkové zaměstnanosti v tomto odvětví. V srpnu 2020 zveřejnila CETA jménem Svazu chemického průmyslu ČR (SCHP ČR) odvětvovou studii proveditelnosti a dopadů, která měla posoudit dopady dekarbonizace na tuzemský průmysl, přičemž se zaměřila spíše na ekonomické a sociální dopady (zaměstnanost) než na technické cesty.[57]

Pod záštitou MPO ČR a SCHP ČR působí také Pracovní skupina na vysoké úrovni pro chemický průmysl. Na svém zasedání v dubnu 2021 skupina projednávala Studii MPO k dekarbonizaci české ekonomiky, národní vodíkovou strategii, rozvoj obnovitelných zdrojů energie a dopady Taxonomie EU na financování energetických projektů.[58] Na svém zasedání v lednu 2022 pracovní skupina dále diskutovala o dopadu balíčku EU „Fit for 55“ včetně dostupnosti obnovitelné a nízkouhlíkové energie za konkurenceschopné ceny, podpory zavádění průlomových technologií, dostupnosti veřejného a soukromého financování a robustní ochrany proti úniku uhlíku včetně mechanismu uhlíkového vyrovnání na hranicích (CBAM).[59]

Pokud jde o chemický průmysl, studie MPO o dekarbonizaci z roku 2020 se zaměřila na NACE 20 (výroba chemických látek a přípravků) jako na hlavní zdroj emisí skleníkových plynů v tomto odvětví. Mezi její závěry patří, že technologie používané domácím průmyslem již odrážejí nejlepší dostupné techniky (BAT) podle režimu IPPC a ve střednědobém horizontu nejsou známy žádné alternativy, které by mohly dosáhnout dalšího podstatného dvouciferného snížení emisí ze spalování paliv nebo z procesů. Mezi dílčí řešení patří pokračující přechod z uhlí na plyn a využití odpadního tepla a plynu. V dlouhodobějším horizontu jsou potenciálními cestami zelený vodík, přeměna energie na plyn nebo elektrifikace, které vyžadují dekarbonizaci elektřiny na přijatelné cenové úrovni, a CCUS, ale náklady a načasování masového zavedení zůstávají velmi nejisté. **Životaschopnost recyklačních technologií je uvedena jako parametr, zatímco biomasa je uvedena jako možný zdroj energie s nulovými emisemi**.

V květnu 2022 zveřejnila CETA dopadovou studii[60] pro SCHP ČR na dlouhodobou konkurenceschopnost chemického průmyslu v kontextu současného vývoje cen energií a dekarbonizace. Studie se zaměřuje na potřebu zajistit státní podporu chemického průmyslu v krátkodobém horizontu a v dlouhodobém horizontu řešit vyšší energetickou účinnost a alternativní zdroje energie. Nezabývá se otázkami souvisejícími s recyklací plastů.

Stav vybraných cirkulárních opatření pro dekarbonizaci

Mezi hlavní polymery vyráběné českým chemickým průmyslem patří PVC, polypropylen (PP), polyethylen (PE), polystyren (PS) a butadien pro výrobu syntetického kaučuku. Tuzemský plastikářský průmysl se však soustřeďuje především do navazujících odvětví zpracování plastů (a pryžových výrobků), která nejsou významným zdrojem přímých emisí v údajích z inventarizace skleníkových plynů. Česká republika je 9. největším spotřebitelem plastů v EU, pokud jde o poptávku ze strany zpracovatelů, s přibližně 1,3 miliony tun ročně, ale struktura její poptávky se výrazně liší od průměru EU. Zatímco největšími segmenty v EU jsou obaly (40 %) a stavebnictví (20 %), následované automobilovým průmyslem (10 %) a elektronikou (6 %), v České republice jsou hlavními segmenty automobilový průmysl (~45 %) a elektronika (~25 %), což odráží roli průmyslových komponentů pro české, německé a další automobilky.[61]

Mechanická recyklace

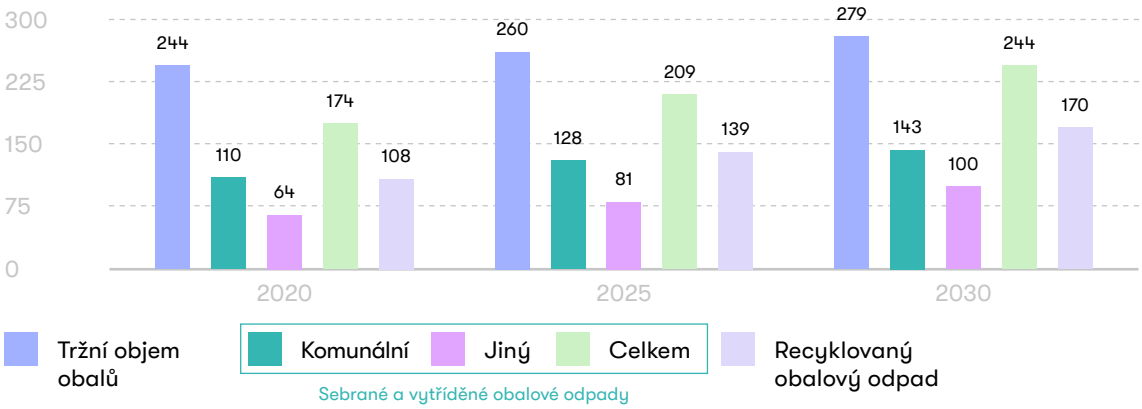
Recyklace plastů je již dlouho „nejviditelnější“ agendou spojenou s cirkulární ekonomikou na mezinárodní i domácí úrovni. Politické diskuse a mediální pokrytí tohoto tématu se však stále zaměřují na nakládání s odpady, prevenci znečištění, snižování skládkování a zajištění plnění cílů EU v oblasti recyklace komunálního odpadu, zatímco příspěvek recyklace ke snižování emisí je málo diskutovaný a není jasně pochopen.

Obaly historicky představují více než 60 % ročního plastového odpadu vyprodukovaného v zemi. Česká republika také donedávna vedla žebříček EU v oblasti „recyklace“ plastových obalů s mírou recyklace přes 50 % oproti průměru EU 42 %.[62] To však bylo dáno rozdílnými statistickými definicemi, kdy údaje za Českou republiku klasifikovaly sebraný a vytříděný odpad pro další využití jako „recyklované plasty“. Podle novelizovaného zákona o obalech v zemi, kterým se provádí revidovaná směrnice EU o obalech a obalových odpadech (2018), je nyní definicí recyklace od roku 2021 okamžik skutečné přeměny plastového odpadu na konečné výrobky.

Hlavní překážkou rozvoje nabídky druhotných plastů v České republice je stále vysoká míra skládkování, která je 1,6× vyšší než průměr EU, přičemž nový zákon o odpadech odkládá její ukončení z roku 2024 na rok 2030 a poplatky za skládkování komunálního odpadu jsou nízké, i když se postupně zvyšují. Druhou významnou překážkou recyklace plastů je slabá poptávka po odpadních plastech, přičemž recyklace se většinou omezuje na využití odpadů z průmyslových procesů nebo „čistších“ toků odpadů (např. PET láhví a obalů od hygienických potřeb), které lze efektivněji třídit na převážně ručních třídicích linkách v České republice.[63]

V rámci nové odpadové legislativy zavedla společnost EKO-KOM, autorizovaná obalová společnost pro systém sběru a využití obalových odpadů v České republice, v roce 2021 první fázi **ekomodulačních** poplatků (rozdělených na flexibilní a tuhé/duté plasty a u PET na průhledné, čiré barevné a neprůhledné), aby motivovala výrobce k používání recyklovatelnějších typů obalů.[64] V České republice se již několik let diskutuje o možném zavedení **systému vratných záloh (DRS)** na PET láhve a nápojové plechovky, podobně jako je tomu na Slovensku od ledna 2022. V rámci „Iniciativy pro zálohování“ vytvořilo pět předních nápojářských společností v zemi alianci s cílem obnovit veřejnou debatu o zavedení univerzálního zálohového systému pro tyto typy obalů.[65]

Cílové hodnoty pro plastové obaly v systému EKO-KOM (Kt/rok)



Zdroj: Strategie pro odpady 21+ (EKO-KOM, září 2020).

V prováděcí studii ke své **„Strategii 21+“** společnost EKO-KOM předpokládala, že míra sběru a třídění plastových obalů dosáhne 67 % do roku 2025 a 70 % do roku 2030 a efektivní míra recyklace na základě nové definice 53 % do roku 2025 a 61 % do roku 2030, čímž by ve stejném období překročila úrovně stanovené EU ve výši 50 % a 55 %. Ve výsledcích za rok 2021 již míra sběru a třídění činila 75 %, ale v rámci toho bylo 35 % spáleno pro energetické využití a 43 % skutečně recyklováno.[66]

Spotřeba pěnového **polystyrenu (EPS)** v České republice v roce 2021 činila 62 200 tun, z toho 85 % ve stavebnictví a zbytek převážně v obalech, včetně ochranných obalů na spotřebiče. Objem odpadního EPS činil 7 500 tun, z toho 80 % z obalů a zbytek převážně odřezky ze stavebních prací, přičemž 40 % z tohoto objemu bylo recyklováno.[67] Sdružení EPS ČR se jako člen evropského sdružení EUMEPS dobrovolně zavázalo, že do roku 2025 zvýší míru sběru a recyklace odpadního EPS na 50 %. Mezi hlavní překážky větší recyklace, které byly identifikovány na semináři v dubnu 2022, patří přetrvávající nedostatek informací o materiálových tocích, slabá politická podpora recyklace, nízké náklady na skládkování a chybějící infrastruktura pro oddělený sběr na sídlištích a v dalších obytných oblastech. Sdružení EPS se prostřednictvím EUMEPS podílí na mezinárodním projektu „PolyStyreneLoop“, který v červnu 2021 otevřel v Nizozemsku demonstrační závod o kapacitě 3 300 tun za rok na uzavřenou chemickou recyklaci odpadu ze stavebních izolací z EPS.[68]

Chemická recyklace

SCHP ČR aktivně sleduje příležitosti v oblasti chemické recyklace na úrovni EU a na domácí úrovni s vládními a průmyslovými subjekty. Technická expertní skupina WastEN Cluster konzervativně odhaduje, že chemická recyklace může snížit emise CO2 na tunu až o 60 % ve srovnání s primárními zdroji, zatímco Material Economics (ME:2) uvedla, že v dlouhodobém optimálním technologickém scénáři může být možné dokonce 90% snížení. Chemická recyklace (především pyrolýza a plazmové zplyňování) je nyní oficiálně zařazena do katalogu metod energetického i materiálového využití v příloze 5 nového českého zákona o odpadech a je způsobilá pro dotace EU nebo národní dotace v rámci několika programů. V roce 2021 uvedla společnost Orlen Unipetrol ve své litvínovské rafinérii do provozu pilotní pyrolýzní jednotku pro chemickou recyklaci plastových odpadů a gumových pneumatik, přičemž plánuje rozšíření na recyklaci plastových

odpadních toků v celé zemi. Výstupy budou poskytovat suroviny pro základní petrochemické výrobky (etylen, propylen, butadien, benzen) a budou využity ke zvýšení výroby pohonných hmot pro dopravu.[70]

Bioplasty

Zásadní výzvou je vyvinout bioplasty založené na udržitelných zdrojích biomasy (jako je dřevo, sláma, odpad z čistíren odpadních vod a bioplynových stanic, odpadní kuchyňský olej a další toky odpadu) a vyhnout se problematickým bioplastům z hlediska biologické rozložitelnosti, mikroplastů, neslučitelnosti s jinými toky odpadu v systémech sběru nebo konkurence se zemědělským využitím půdy. Uhlíková stopa a celkový dopad bioplastů na životní prostředí by měly být rovněž hodnoceny ve srovnání s alternativami na základě důkladné analýzy životního cyklu (LCA). Vzhledem k nedostatečnému rozsahu a obtížím s účinnou recyklací je v současné době pro velkou část bioplastového odpadu nejvhodnější spalování.[71] Společnost ORLEN Unipetrol také realizuje projekt recyklace odpadního hydrogenovaného rostlinného oleje (HVO) jako suroviny pro svou ethylenovou jednotku v Litvínově. V listopadu 2021 získala pro tento proces mezinárodní certifikaci, vyrobila první šarži bio PP a ze stejné suroviny dokáže vyrábět také PE, etylen a benzen. Na začátku roku 2022 mělo zařízení zpracovatelskou kapacitu 5 000 tun HVO, přičemž se plánuje její zvýšení zpočátku na 10 000 t/rok a posléze na 100 000 tun/rok.[72]

52 | Europe's Missing Plastics (Material Economics, 2022).

53 | ReShaping Plastics (Systemiq, duben 2022).

54 | Towards a Net-Zero Chemical Industry: A Global Policy Landscape for Low-Carbon Emitting Technologies (WEF, květen 2022).

55 | The Fututre of Petrochemicals (International Energy Agency, říjen 2018).

56 | Europe's missing plastics (Material Economics, 2022), s. 22–23.

57 | Studie proveditelnosti a dopadů evropské Zelené dohody a dekarbonizace průmyslu na chemický průmysl České republiky se zaměřením na zaměstnanost (CETA, srpen 2020).

58 | Pracovní skupina na vysoké úrovni pro chemický průmysl – „Dekarbonizace chemického sektoru v ČR" (duben 2021).

59 | Pracovní skupina na vysoké úrovni pro chemický průmysl – „Dekarbonizace chemického sektoru v ČR" (April 2021).

60 | Dopadová studie – Dlouhodobá konkurenceschopnost chemického průmyslu v kontextu vývoje cen energií a dekarbonizace (CETA, květen 2022).

61 | Aktualizace politiky druhotných surovin na období 2019–2022 – analýza materiálových toků (prosinec 2018), kap. 3.

62 | Plasty – fakta 2020 (Plastics Europe).

63 | Recyklace plastů: proces a jeho problémy (Zajímej.se, prosinec 2020).

64 | Ekomodulace poplatků se blíží (EKO-KOM, duben 2021).

65 | Výrobci nápojů sdružení v Iniciativě pro zálohování chtějí plošný zálohový systém na PET láhve a plechovky (listopad 2021).

66 | Výroční shrnutí 2021 (EKO-KOM, květen 2022).

67 | Tisková zpráva – Sdružení EPS je o krok blíž cirkulární ekonomice (červen 2022).

68 | Tisková zpráva – PolyStyreneLoop (červen 2021).

69 | Recyklace komunálních odpadů a plastových směsí (Klastr WastEN, srpen 2021).

70 | ORLEN Unipetrol testuje chemickou recyklaci odpadních plastů (SCHP ČR, květen 2021).

71 | Fakta a mýty o bioplastech (INCIEN, prosinec 2020).

72 | ORLEN Unipetrol pokračuje ve strategii udržitelnosti. Vyrobil certifikovaný obnovitelný polypropylen z odpadního rostlinného oleje (březen 2022).

Hliník

Hliník má jinou dynamiku než ostatní hodnotové řetězce výrobků, protože jeho použití jako lehká náhrada oceli ke snížení provozních emisí energie z vozidel je klíčovou hnací silou poptávky, a to navzdory vysokým emisím zabudovaným v primárním hliníku. V důsledku toho je prostor pro opatření ke snížení poptávky méně použitelný, ačkoli zvýšení spotřeby hliníku na vozidlo může být kompenzováno konstrukčním snížením průměrné velikosti vozidla, intenzivnějším používáním vozidla a prodloužením jeho životnosti. Zvýšení podílu sekundárního hliníku na spotřebě hliníku (ať už vyrobeného v EU, nebo dovezeného) je klíčovou příležitostí k dekarbonizaci, protože jeho emise mohou být o více než 95 % nižší, než emise z primárního hliníku. Průmyslové scénáře naznačují, že zvýšením podílu recyklovaného hliníku na spotřebě v EU na 50 % do roku 2050 by se eliminovalo téměř 50 % emisí z hliníku v EU.

Přímé emise z neželezných kovů v České republice téměř neexistují. V dováženém primárním hliníku používaném v tuzemském automobilovém průmyslu a kovovýrobě však může být obsažen značný objem uhlíku, který lze dekarbonizovat přechodem na recyklované druhy. V aplikacích odlehčování automobilů čelí hliník konkurenci vysokopevnostní oceli dodávané tuzemskými ocelárnami. Ačkoli je objem v České republice v absolutním měřítku malý, výrazně zaostává v zemi recyklace hliníkových nápojových plechovek, v roce 2019 dosáhla pouze 22% míry recyklace. Vedle plánovaných zlepšení ve sběrné síti EKO-KOM je zavedení systému vratných záloh mezinárodně osvědčeným způsobem, jak maximalizovat sběr a uzavřený recyklační cyklus.

Poznatky z mezinárodních studií

Nahrazení primárního hliníku sekundárním (recyklovaným) hliníkem může snížit emise na tunu výroby o více než 95 %. Recyklovaný hliník tvoří přibližně jednu třetinu celosvětové výroby hliníku, přičemž tento podíl zůstává v posledních dvou desetiletích stabilní. V současné době se celosvětově sbírá a recykluje přibližně 80 % hliníkového šrotu. Uzavření cyklu zbývajícího objemu šrotu (zahrnujícího přibližně 5 % „nového“ šrotu a 30 % „starého“ šrotu z hliníku zabudovaného do výrobků s delší životností) bude velkou výzvou.[73] Nicméně vzhledem k tomu, že EU v současnosti dováží téměř 30 % potřebného primárního hliníku, je zvýšení míry využití a recyklace šrotu v EU jedním z hlavních opatření pro dekarbonizaci regionálních dodávek hliníku.[74]

Opatření cirkulární ekonomiky pro dekarbonizaci hliníku – STRANA NABÍDKY

Vylepšený design výrobku

→ Více hliníku na konci životnosti by mohlo být využito, pokud by původní konstrukce výrobku umožňovala oddělení součástí při demontáži. Rámec EU pro rozšířenou odpovědnost výrobce by mohl pomoci dosáhnout čistších toků šrotu (ME:1).

Specifikace výrobků na základě vlastností kovů

→ Odklon od současné praxe určování přesného složení slitin a přechod na určování a nákup hliníku na základě jeho funkce by podpořil vyšší míru recyklace a omezil downcycling (ME:1).

Snížení ztrát a prevence downcyklace (znehodnocení materiálu)

→ Klíčovými faktory jsou zvýšený sběr a nižší odpad díky zamezení míchání různých typů hliníku, lepší třídění podle slitin, snížení počtu specifikací slitin, změna designu výrobků pro recyklaci a další strategie uzavírání životního cyklu. Významné ztráty, k nimž dochází v systémech komunálního odpadu ve fázi ukončení životnosti spotřebitelských výrobků, by mohly být sníženy dalšími zálohovacími systémy (jako jsou systémy používané pro nápojové plechovky) a separací kovů před dalším zpracováním.

Efektivnější procesy demontáže

→ Vytvoření účinných automatizovaných demontážních systémů nebo rozšíření současných technologií na oddělování automobilových dílů před šrotováním by pomohlo zabránit míchání slitin a umožnilo by čistší toky použitých kovů (ME:1).

Efektivní trhy se šrotem

→ Efektivnější trh se šrotem může být podpořen informacemi v reálném čase o tocích šrotu, které jsou v dané oblasti k dispozici a které jsou sledovány prostřednictvím distribuovaných účetních knih nebo jiných IT platforem (ME:1).

Vývoj výrobního procesu

→ Mohly by být zavedeny metody, které by zlepšily komerční životaschopnost odstraňování nečistot z hliníku, včetně zlepšení současných metod rafinace hliníku, jako je elektrolýza, elektrostrusková rafinace, frakční tuhnutí a rafinace tavením (ME:1).

Opětovné použití hliníku

→ Vzhledem k technickému potenciálu zjištěnému v dřívějších studiích by se současná míra opětovného použití podle aplikací mohla v cirkulárním scénáři do roku 2060 zvýšit ze současných zanedbatelných úrovní na téměř 20 % ve stavebnictví a na 30 % nebo více v dopravě, elektrotechnice a spotřebním zboží (IEA:3).

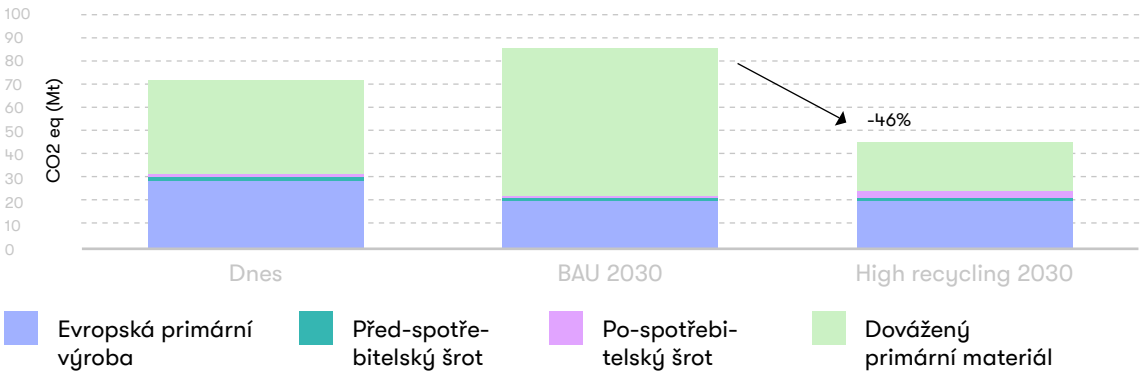
Opatření cirkulární ekonomiky pro dekarbonizaci hliníku – STRANA POPTÁVKY

Zlepšená výtěžnost výroby polotovarů a výrobků

→ V celosvětovém měřítku je výtěžnost výroby hliníku (poměr výstupů materiálu ke vstupům) nižší než u oceli, a to 50–75 % u polotovarů a 90 % u většiny konečných aplikací výrobků. V případě cirkulárního scénáře je výtěžnost výroby o 10–20 % vyšší než v současnosti nebo v roce 2060 (IEA:3).

→ Někteří výrobci automobilů stále produkují více než 40 % šrotu, ačkoli osvědčené postupy se blíží 25 %. Nové výrobní techniky, jako je aditivní výroba, by mohly rovněž snížit množství šrotu (ME:1).

European Aluminium: Zamezení emisí CO2 v Evropě nahrazením dovozu primárního hliníku recyklovaným hliníkem (Mt CO2eq/rok, 2019 versus 2050)



Zdroj: Circular Aluminium Action Plan (European Aluminium, duben 2020), obrázek 7, s. 14.

Nižší spotřeba hliníku na konstrukci a službu

→ Jak je popsáno v další části o osobních automobilech, strategie na straně poptávky v oblasti mobility mohou snížit absolutní množství potřebného hliníku navzdory zvýšení relativní poptávky v důsledku odlehčení vozidel, zejména snížení průměrné velikosti vozidel, intenzivnější využívání vozidel (sdílení jízd, sdílení automobilů) a prodloužení životnosti vozidel.

Odhady dekarbonizačního potenciálu cirkulární ekonomiky

Podle Material Economics (ME:1) se potenciál recyklace hliníku zvyšuje současně s růstem poptávky po hliníku jako odlehčovacím materiálu. Do roku 2050 by mohl hliník po skončení životnosti pokrýt více než 40 % celosvětové poptávky a výrazně snížit emise CO2, protože přetavení stávajícího hliníku může spotřebovat méně než 5 % energie potřebné pro primární výrobu.

Klíčové nástroje pro maximalizaci tohoto potenciálu jsou snížení ztrát hliníku v každém cyklu použití (v současné době 25–30 % materiálových vstupů), lepší zpracování na konci životnosti, sběr a třídění s cílem snížit downcycling a navrhování výrobků pro demontáž a využití hliníku.

Akční plán pro cirkulární hliník sdružení European Aluminium předpokládá, že 50 % celkové poptávky po hliníku v EU by mohlo být do roku 2050 uspokojeno recyklovaným hliníkem, což by snížilo emise CO2 u hliníku spotřebovaného ze všech zdrojů (domácích i dovážených, primárních i sekundárních) o 37 % do roku 2030 a o 46 % do roku 2050.

Česká republika

Současné zaměření domácí politické agendy dekarbonizace

V EU je v provozu 13 hutí vyrábějících primární hliník (ve Francii, Německu, Řecku, Nizozemsku, Španělsku, Rumunsku, Slovensku, Slovinsku a Švédsku), 10 v zemích ESVO (Norsko a Island) a jedna ve Spojeném království.[75] V České republice neprobíhá žádná energeticky náročná primární výroba neželezných kovů z rud. K hlavním tuzemským zařízením na dodávky hliníkových kovů a zpracování polotovarů patří dva vytlačovací závody, jedna válcovna a sedm recyklačních závodů.[76] Kromě toho je zde 37 sléváren odlitků z neželezných kovů s roční produkcí 95 kt v roce 2020.[77] Tato zařízení spotřebovávají hliník a jeho slitiny ve formě dovážených primárních produktů nebo polotovarů (např. plochých válcovaných výrobků, výlisků) nebo šrotu.[78] V důsledku toho má domácí výroba hliníku minimální přímé emise jiné než ze spalování paliv; všechny neželezné kovy dohromady představují pouze 0,1 % celkových emisí skleníkových plynů v zemi. V oblasti hliníku neexistuje žádná viditelná dekarbonizační agenda; jedinou organizací v odvětví neželezných kovů je Svaz českých sléváren.[79] Přesto existuje významné množství zabudovaných emisí v dováženém primárním hliníku a polotovarech. Hliník je zahrnut do navrhovaného mechanismu EU uhlíkového vyrovnání na hranicích (Carbon Border Adjustment Mechanism), který zavede uhlíkovou daň na dovoz hliníku ze zemí mimo EU a zvýší jeho ceny.

Stav vybraných cirkulárních opatření pro dekarbonizaci

Vzhledem k vysoké emisní náročnosti je zvýšení recyklace hliníku (recirkulace materiálu) hlavním cirkulárním opatřením pro dekarbonizaci hliníku na všech trzích. Produkce hliníkového šrotu (odpadu) v České republice v roce 2019 činila 86 kt[80], přičemž dovoz činil ~127 kt a vývoz 71 kt[81], což znamená zjevnou poptávku po šrotu ve výši ~140 kt.

V **automobilovém průmyslu** je používání hliníku jako **odlehčovacího materiálu** dlouhodobým mezinárodním trendem, jehož cílem je dosáhnout úspory paliva a snížení emisí. Nástroj sdružení European Aluminium a Mezinárodního institutu pro hliník porovnává dopad různých řešení odlehčování na jejich čisté emise skleníkových plynů během celého životního cyklu vozidla.[82] Škoda Auto ušetřila u některých modelů až 150 kg hmotnosti vozu díky použití především hliníkových odlitků v komponentech včetně krytů bloků motorů, hlav válců, krytů, krytů spojky a převodovky atd.[83] Vzhledem k dopadu na konstrukci vozidla, mnohem nižší ceně oceli a snadnější recyklovatelnosti se však Škoda a další společnosti stále více zaměřují na použití vysokopevnostní oceli.[84]

Poptávka po **hliníkových nápojových plechovkách** je v zemi sice relativně nízká, ale z malého základu rychle roste. V roce 2019 přibylo na trhu 18 kt hliníkových obalů, ale recyklováno bylo pouze 22 %, což je jedna z nejnižších měr v EU.[85] Téměř veškerý sebraný obalový odpad je recyklován, ale míra sběru byla ovlivněna omezeným počtem sběrných nádob na kovové obaly v síti EKO-KOM, přičemž mnoho spotřebitelů místo toho vyhazuje plechovky do směsného komunálního odpadu. Od roku 2019 se počet kontejnerů zvýšil nejméně desetkrát včetně iniciativy umožňující sběr kovů do plastových nádob. Navzdory tomu EKO-KOM předpokládá do roku 2025 pouze 39% míru recyklace hliníkových obalů, čímž nedosáhne cíle EU ve výši 50 %, a to z důvodu omezené infrastruktury souvisejících s nízkou poptávkou po hliníkových obalech, technickými omezeními zařízení pro nakládání s odpady a souvisejícími možnostmi třídění. Cíl do roku 2030 ve výši 60 % je považován za dosažitelný.[86] Od roku 2021 se kvůli nízké míře domácího sběru dováží až 80 % hliníkových plechovek určených k recyklaci.[87] Hliníkové plechovky jsou zahrnuty do nedávné výzvy „Iniciativy pro zálohování“ k obnovení veřejné diskuse o zavedení všeobecného systému vratných záloh.[67]

73 | Aluminium for Climate: Exploring pathways to decarbonize the aluminium industry (Světové ekonomické fórum, listopad 2020).

74 | Circular Aluminium Action Plan (European Aluminium, duben 2020), s. 12.

75 | Přehled trhu 2019 (European Aluminium, 2020).

76 | Přehled evropského hliníkového průmyslu podle závodů (European Aluminium).

77 | Statistiky The European Foundry Association (CAEF, 2020).

78 | MPO – Politika druhotných surovin ČR (2018), s. 54.

79 | Dostupné z: https://www.svazslevaren.cz/.

80 | ČSÚ – Produkce, využití a odstranění odpadů – 2019, s.29.

81 | Databáze OSN COMTRADE.

82 | Model hodnocení životního cyklu automobilů (European Aluminium, 2019)

83 | Škoda – Škoda pod lupou: zaostřeno na detail (červen 2017).

84 | Patří ještě budoucnost aluminiu? Výrobci aut dávají přednost vysokopevnostní oceli (duben 2020).

85 | Souhrnné údaje o obalech a obalových odpadech, jejich recyklaci a využití v ČR (MŽP).

86 | Strategie pro odpady 21+ (EKO-KOM), s. 9, 42, 73–77.

87 | Časopis Odpady – Hliníkové plechovky jsou pro recyklaci trochu problém (únor 2021).

Odběratelská odvětví

Mezinárodní studie se zaměřují také na dvě odběratelská odvětví, která mají největší podíl na emisích CO2 v celosvětovém měřítku i v EU: **stavebnictví** (konkrétně **budovy**) a **mobilitu** (konkrétně **osobní automobily**). Stavebnictví a průmyslové zboží představují každé ~40 % emisí z celosvětové výroby materiálů, pokud jde o využití materiálů s dopadem na klima. Nejdůležitějším segmentem ve stavebnictví je obytná výstavba a osobní automobily jsou nejdůležitější kategorií vyráběného zboží, přičemž v obou odvětvích se materiály podílejí na emisích od kolébky až do konce výroby ~55 % (IRP, 2020).

Výstavba budov

Cirkulární opatření mají rozsáhlé dopady jak na emise obsažené v materiálech (především v cementu a oceli), tak na emise z provozní spotřeby energie v budovách. Dekarbonizace energetického systému zároveň v příštích desetiletích výrazně zvýší podíl emisí z životního cyklu budov z používání materiálů. Pokud jde o příspěvek cirkulárních opatření ke snížení emisí zabudovaných emisí, existuje velké rozpětí scénářů. Použití dřevěných konstrukcí a recyklovaných materiálů namísto primární oceli a cementu může výrazně snížit související emise. Prodloužení životnosti budov prostřednictvím modulární konstrukce nebo renovace může zabránit většině poptávky po materiálech (a souvisejících zabudovaných emisích) pro ekvivalentní projekt novostavby. Intenzivnější využívání budov (a snížení počtu budov) by mohlo potenciálně eliminovat většinu zbývajících zabudovaných emisí CO2. Podle analýzy IRP pro země G7 by cirkulární opatření mohla rovněž snížit emise z životního cyklu (obytných) budov o 35–40 % do roku 2050, a to za předpokladu 20% snížení obytné plochy prostřednictvím sdíleného bydlení. Odvětví stavebnictví je místem, kde se spojuje většina témat zkoumaných v této zprávě. V praxi bude třeba opatření ke snížení zabudovaných emisí realizovat v širším kontextu udržitelných stavebních postupů, které integrují technické, ekonomické a sociální, jakož i klimatické a environmentální aspekty budov.

Dekarbonizační opatření pro budovy v České republice se dosud zaměřovala především na provozní emise. Nicméně roste povědomí o potřebě udržitelné spotřeby stavebních materiálů, což odráží hrozící nedostatek základních materiálů, rostoucí požadavky na zelené veřejné zakázky a požadavky EU na podávání zpráv o udržitelnosti, podle kterých budou muset developeři i stavební firmy rovněž měřit a snižovat zabudované emise ve svých budovách. Recyklace stavebních materiálů roste, ale stále ji brzdí obavy o kvalitu a bezpečnost a také nedostatek transparentních údajů o materiálových tocích stavebních a demoličních odpadů (SDO). Je vnímána potřeba jasného „recyklačního mixu“ druhotných stavebních materiálů, které lze použít ve stavebnictví. Dřevěné konstrukce ve vícepodlažních budovách jsou stále omezeny normami požární ochrany. Existuje velký potenciál pro renovace budov, které by prodloužily životnost stavebního fondu a snížily spotřebu nových stavebních materiálů, ale slabá implementace pravidel na ochranu půdy a územní plánování nadále podporuje výstavbu na zelené louce. Zejména v odvětví stavebnictví a nemovitostí vyžaduje komplexnost výzev vyvolaných trendy udržitelnosti a dekarbonizace trvalou společnou akci a mezioborovou spolupráci v celém hodnotovém řetězci.

Poznatky z mezinárodních studií

Výstavba a užívání budov ovlivňuje téměř všechna odvětví hospodářství. Dosavadní politiky a opatření v oblasti dekarbonizace se zaměřovaly na snižování emisí v provozní fázi budov (provozní uhlík ze spotřeby energie). V souvislosti s přechodem na uhlíkovou neutralitu do roku 2050 a s vyvíjejícími se požadavky na vykazování udržitelnosti nebo „ESG“ se však téma **zabudovaného uhlíku** a následně **„celoživotního uhlíku“** budov stává nevyhnutelnou součástí dekarbonizační agendy, a to jak pro tvůrce politik, tak pro investory, developery a zúčastněné podniky, zejména proto, že ti hledají způsoby, jak snížit své emise CO2 ve „Scope 3“.

Zastavěné prostředí je zodpovědné za 37 % ročních celosvětových emisí CO2.[88] **Z toho 10 % (tj. 27 % emisí ve stavebnictví) tvoří zabudované emise z emisí uhlíku během životního cyklu stavebních materiálů**. Průměrný objem emisí zabudovaných v nových budovách v Evropě činí **600 kg CO2eq/m²**, z čehož 70 % je emitováno předem, ve fázích výroby materiálů a výstavby životního cyklu budovy.[89] Cement a ocel představují většinu těchto zabudovaných emisí ve všech klíčových odvětvích stavebnictví. S dekarbonizací energetického sektoru je nevyhnutelné, že zabudované emise budou v příštích desetiletích zaujímat dominantní podíl na celkových emisích CO2 ve stavebnictví.

Opatření cirkulární ekonomiky pro dekarbonizaci stavebnictví – STRANA NABÍDKY

Dřevo jako náhradní stavební materiál

- **Dřevo je účinnou alternativou k železobetonu a zdivu díky své schopnosti pohlcovat uhlík** s potenciální úsporou uhlíku G7 až 8 % za předpokladu použití dřevěných výrobků z udržitelných zdrojů (IRP).
- Podle studií provedených ve Velké Británii mohou nové modulární systémy dřevěných rámů, které se staví mimo staveniště, ušetřit až 50 % zabudovaných emisí a 35 % zabudované energie ve srovnání s tradičními metodami a materiály pro stavbu obytných budov. CLT panely jsou slibnou náhradou betonu, zejména u vícepodlažních budov (ME:1). Podle jiného odhadu **je zabudovaný uhlík z (udržitelně získaných) dřevěných trámů potřebný na 1 m² podlahové plochy o 85 % nižší než u ekvivalentní betonové podlahové desky** (4 kg oproti 27 kg) (ME:2).
- Stavební fond EU v současné době tvoří 48 % rodinných domů a 27 % vícegeneračních domů, které mají vysoký potenciál pro dřevostavby, ale jejich současný podíl na trhu je nízký (8–10 %, resp. 1–5 % v těchto dvou segmentech). Podle velmi

Zdroj: Whole-life carbon: challenges and solutions for highly efficient and climate-neutral buildings (Building Performance Institute Europe, květen 2021), s. 6.

konzervativního odhadu by dřevo mohlo nahradit až 5 % betonu používaného v budovách, přičemž klíčovým faktorem by byla aktualizace stavebních předpisů (ME:2).

Opětovné použití materiálů a stavebních prvků

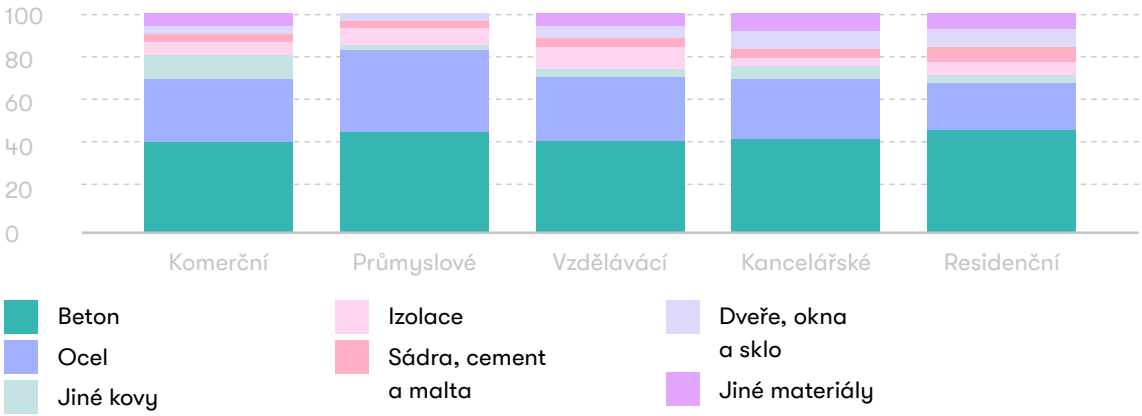
→ Prvky na bázi oceli, včetně konstrukčních prvků a ocelových rámů tvarovaných za studena, lze znovu použít, aniž by došlo k poškození vlastností materiálu, bezpečnosti a celkové udržitelnosti (IEA:1).

→ Jak je uvedeno v kapitole o cementu, nezhydratovaný cement lze potenciálně získat a znovu použít i z betonu po skončení životnosti, ačkoli technologie ještě nejsou komerčně dostupné (IEA:1).

→ Opětovné použití betonových prefabrikátů může být možné, pokud se zohlední ve fázi návrhu, zejména u nové budovy, která se nachází v blízkosti, aby se zabránilo přepravě těžkých bloků na dlouhé vzdálenosti (IEA:3).

→ Material Economics (ME:1) odhaduje, že 15 % stavebních prvků budov v EU by mohlo být do roku 2050 znovu použito díky přijetí modulárnějšího designu budov. Modelování IRP pro země G7 jde ještě dále, přičemž do roku 2050 by mělo být v obytné výstavbě opětovně použito téměř 30 % ocelových a betonových prvků (IRP).

WBCSD: Rozdělení zabudovaných emisí podle materiálu pro hlavní typy budov (Evropa)



Zdroj: Decarbonizing construction – Guidance for investors and developers to reduce embodied carbon (WBCSD, červenec 2021), s. 46.

Využití a recyklace stavebních materiálů po skončení jejich životnosti

- **Úspory zabudovaných emisí mezi primární a sekundární (recyklovanou) výrobou oceli a cementu v EU jsou značné: ~80 % u oceli (v současnosti) a ~85 % u cementu** (do roku 2050, bez CCS/CCU) (ME:1,2).
- Recyklace stavebních materiálů již v roce 2016 ušetřila 15 až 20 % zabudovaných emisí z primární výroby materiálů pro obytné budovy v zemích G7. Lepší recyklace by mohla do roku 2050 ušetřit dalších 14–18 % (IRP).
- Až 40 % slínku v cementu může zůstat nevyužito (nebo nezhydratováno) a může být znovu použito jako náhrada nového cementu. Recyklace cementu v EU by se měla rozšířit do roku 2050, což by vedlo k téměř 25 % poklesu emisní náročnosti výroby cementu (ME:1).

Opatření cirkulární ekonomiky pro dekarbonizaci stavebnictví – STRANA POPTÁVKY

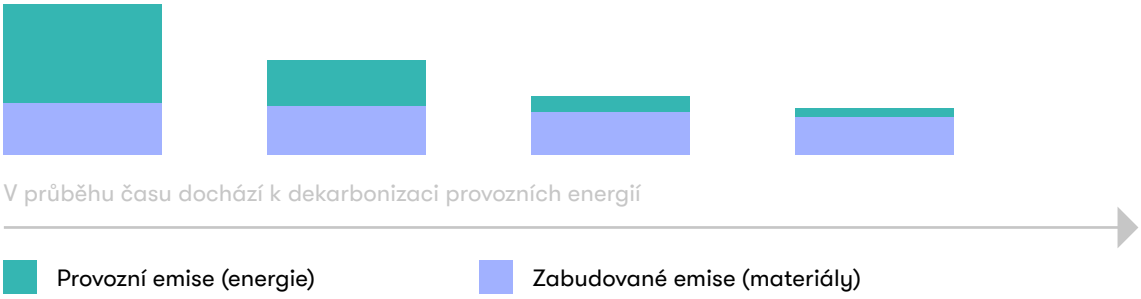
Inovativní design a optimalizace prostoru

- Uspořádání budov lze navrhnout tak, aby se snížila spotřeba materiálu (např. řadové bydlení oproti rodinným domům, uspořádání bytových domů s kratšími obvodovými zdmi, návrh 3for2 pro vysoké budovy s mechanickými a elektrickými prvky integrovanými do fasády a podlahy pro lepší větrání a tepelné zisky, přičemž se ušetří více než 15 % hmoty a nákladů na materiál), což umožňují holistické přístupy, digitální navrhování a digitální výroba (IEA:3).

Použití odlehčených materiálů a optimalizace konstrukcí

- **Lehčí budovy navržené v souladu s technickými specifikacemi spotřebují méně materiálu a mohou snížit emise uhlíku G7 o 8–10 % do roku 2050** (IRP). Příkladem odlehčování je používání ocelových rámů tvarovaných za studena v konstrukčních aplikacích ve

WBCSD: Zvyšování podílu zabudovaných emisí v materiálech v průběhu času



Zdroj: Decarbonizing construction – Guidance for investors and developers to reduce embodied carbon (WBCSD, červenec 2021), s. 9.

středně vysokých a vícepatrových budovách spolu s pokrokovými systémy, jako jsou panelové systémy (IEA:1).

→ Optimalizace konstrukcí přizpůsobuje komponenty jejich specifické funkci tím, že zlepšuje návrh konstrukčních prvků pomocí modelovacích nástrojů a industrializuje části hodnotového řetězce pomocí nástrojů pro kontrolu kvality mimo pracoviště nebo řízení toku materiálu. To zahrnuje materiálově efektivní inovativní modulární konstrukce budov, zvýšené používání vysokopevnostní oceli a předpjatého a prefabrikovaného železobetonu (IEA:2,3).

→ Ve srovnání se základním scénářem (nebo scénářem „stanovených politik“) IEA modelovala, že tyto postupy by v období 2019–2070 snížily kumulativní poptávku po cementu a oceli ve výstavbě budov na celém světě o ~15 %, resp. ~25 %, a to zejména díky lepšímu modelování a plánování (IEA:1). V období do roku 2050 by přispěly k 13% kumulativnímu snížení celkové poptávky po oceli v celosvětovém měřítku (a k 2,5% snížení poptávky v roce 2050) (IEA:2).

Přizpůsobení specifikací

→ Projektanti obvykle zadávají betonové prvky s nejpřísnějšími požadavky týkajícími se pevnosti, složení a kameniva atd. Zlepšení návrhu budov by teoreticky mohlo vést k více než 30% úspoře spotřeby oceli a více než 15% úspoře spotřeby cementu (IEA:3).

→ Vysokopevnostní ocel má potenciál snížit spotřebu materiálů o 30–40 % v řadě aplikací včetně budov. Podle jednoho odhadu může být až 50 % oceli použité v budovách nad rámec toho, co je nutné pro konstrukční účely (ME:1).

Využití kompozitních materiálů v rámových konstrukcích

→ Tento postup umožňuje použití různých materiálů s doplňujícími se fyzikálními vlastnostmi v základní konstrukci budovy. Pokročilejší postupy, jako je předpínání ocelových lan v železobetonových nosnících nebo deskách, usnadňují optimalizaci stavebních prvků. Předpjaté betonové prvky zvyšují odolnost budov vůči zatížení a zároveň šetří materiály díky tenčím deskám, delším nosníkům nebo menší potřebě nosných sloupů, zejména u výškových budov (IEA:3).

Prefabrikace

→ Tyto procesy optimalizují velikost, tvar a výrobu stavebních dílů a urychlují výstavbu. Betonové prefabrikáty umožňují nižší poměr cementu k vodě, což zvyšuje trvanlivost. Digitální procesy, jako je 3D tisk, umožňují navrhovat složitější a větší komponenty najednou, aniž by bylo nutné sestavovat různé díly dohromady, i když životaschopnost v masovém měřítku ještě nebyla prokázána. Prefabrikace betonu může také umožnit komercializaci alternativních pojiv pro nízkouhlíkové cementy díky

standardizaci procesů, které zachycují a ukládají CO2 během řízeného procesu vytvrzování (IEA:1,3).

Snížení množství stavebního odpadu

→ Přesná specifikace stavebních prvků ve fázi návrhu snižuje riziko plýtvání materiály. Lepší řízení toku materiálu na stavbě může snížit škody a neefektivní využívání materiálů. Digitalizace rovněž poskytuje možnosti, jak usnadnit sledování cílů snižování množství odpadu (IEA:3).

→ Takováto opatření by mohla díky osvědčeným postupům snížit množství odpadu při výstavbě v EU na 5 % (ze současných přibližně 15 %) (ME:1).

Intenzivnější využití budov

→ V pracovní době, dokonce i před pandemií COVID-19, bylo průměrné využití kancelářských prostor v EU pouze ~40 % kapacity. V případě cirkulárního scénáře, kdy by se plocha budov v EU na osobu snížila o 5 %, by zabudované emise klesly o podobné procento (ME:1). To byl předpoklad učiněný před pandemií a potenciál pro racionalizaci kancelářských prostor bude pravděpodobně výrazně větší po jejím skončení.

→ Podle modelování IRP by 20% snížení poptávky po podlahové ploše v zemích G7 (prostřednictvím intenzivnějšího využívání podlahové plochy) mohlo do roku 2050 snížit množství zabudovaných emisí v bytové výstavbě o téměř 75 %, a to díky vzájemnému ubytování, větší velikosti domácností / společnému bydlení a přechodu od jednobytových k vícebytovým domům. Tím by se také ušetřilo více než 20 % provozních emisí CO2 díky nižší spotřebě energie na vytápění a chlazení, což je absolutní snížení stejně velké jako snížení spojené se sníženým používáním stavebních materiálů (IRP).

Prodloužení životnosti budov, zejména prostřednictvím renovace

→ Průměrná životnost obytných budov může v západní Evropě přesáhnout 80 let. V nebytových sektorech životnost celosvětově zřídka přesahuje 50 let, protože komerční aktivity se často mění. Životnost by se mohla prodloužit na více než 100 let u obytných budov a na 70 let nebo více u ostatních sektorů (IEA:3).

→ Životnost lze prodloužit použitím odolnějších materiálů, lepších stavebních technik, flexibilnějších a modulárních vnitřních prostor pro pozdější změnu využití a také renovací starých budov. **Renovace obvykle zahrnují 40–80× menší hmotnost materiálu než rekonstrukce od základu, a ještě méně v případě oceli a cementu**. Nově zrekonstruované komerční nebo průmyslové budovy mohou mít až stejnou životnost jako nové a renovace obvykle prodlužují životnost obytných budov o 30–60 % (IEA:1).

→ Například v případě oceli IEA modelovala, že **prodloužení životnosti budov by nejvíce přispělo ke snížení celosvětové poptávky po oceli**, a to o 32 % kumulativního snížení do roku 2050 (a o 6 % snížení roční poptávky v roce 2050) ve srovnání se základním scénářem (nebo scénářem „stanovených politik“) (IEA:2).

→ Ačkoli jsou renovace budov podporovány v rámci strategie EU „Renovační vlna“ (Renovation wave), je důležité, aby se při navrhování a provádění renovací souběžně řešilo několik klíčových cílů včetně flexibility v užívání, přizpůsobivosti, modularity a odolnosti vůči změně klimatu, a nejenom modernizace za účelem vyšší energetické účinnosti (AGR).

Odhady dekarbonizačního potenciálu cirkulární ekonomiky

Globální

Stavební sektor (včetně budov a infrastruktury) v současnosti představuje veškerou celosvětovou poptávku po cementu a ~50 % poptávky po oceli. Na výstavbu budov připadá ~50 % poptávky po cementu a ~30 % poptávky po oceli. V nízkouhlíkovém scénáři IEA (IEA:1) by cirkulární opatření přispěla přibližně jednou třetinou k 95% celkovému snížení celosvětových emisí ze spotřeby cementu a oceli ve výstavbě budov do roku 2070.

Země G7

Studie International Resource Panel 2020 (IRP) zkoumá, jak mohou cirkulární strategie snížit emise v **celém životním cyklu** budov – včetně jejich návrhu, výstavby, provozu a demolice, tj. na bázi „celoživotního uhlíku“. Toho je dosaženo kombinací:

→ Snížení objemu nebo uhlíkové náročnosti použitých stavebních materiálů.

→ Snížení spotřeby energie během provozu díky intenzivnějšímu využívání budovy.

→ Prodloužení životnosti budov.

→ Opětovné použití nebo recyklace stavebních materiálů a stavebních prvků.

Při použití tohoto přístupu k životnímu cyklu (zahrnující jak zabudované, tak provozní emise) vede zavedení cirkulárních strategií (materiálové účinnosti) k dodatečnému snížení emisí CO2 eq během životního cyklu o 35–40 % do roku 2050 ve scénáři SSP

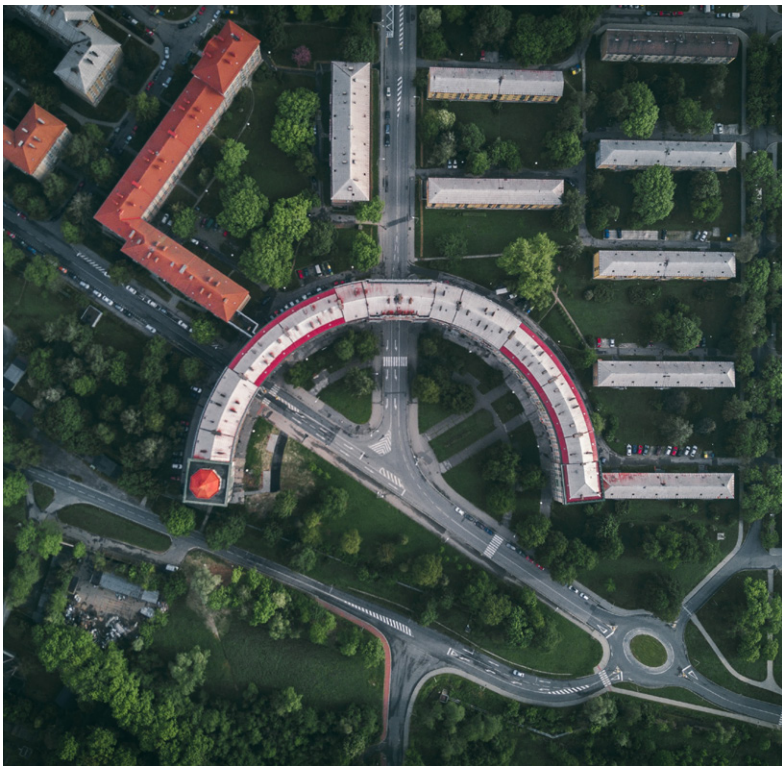
(globální oteplení o 2 °C) a o 10 % ve scénáři oteplení o 1,5 °C, který se více spoléhá na energetickou účinnost a dekarbonizovanou energii.

Evropská unie

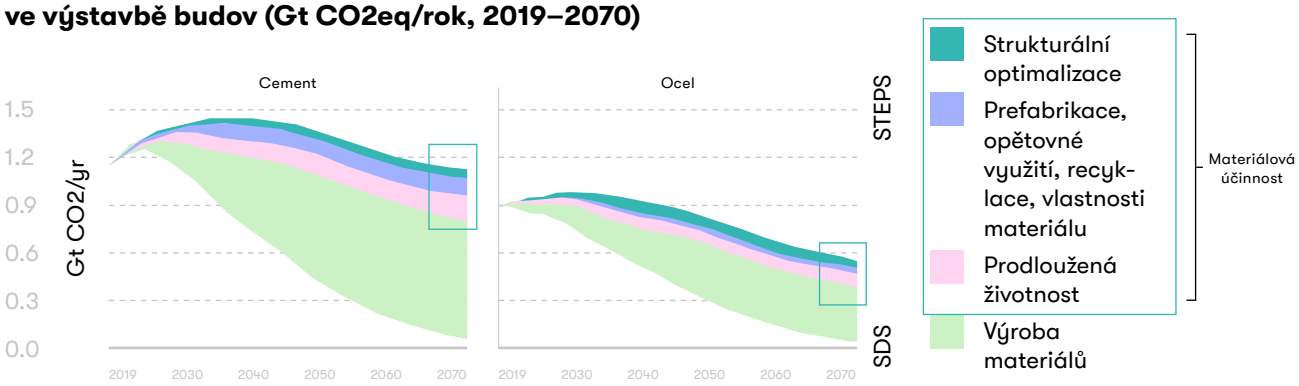
Material Economics (ME:1) odhaduje, že zabudované emise v budovách v EU by v nízkouhlíkovém scénáři do roku 2050 bez dalších opatření v oblasti cirkulární ekonomiky vzrostl o 11 % oproti současné úrovni. **Cirkulární opatření by jej mohla snížit o ~35 % díky kombinaci recyklace cementu (6 %), snížení množství odpadu (4 %), opětovného použití stavebních prvků (9 %), materiálové účinnosti (10 %) a sdílení (6 %)**. Po roce 2050 by bylo možné dosáhnout dalšího snížení o 19 % díky delší životnosti budov.

V analýze pro rok 2020 pro Evropskou agenturu pro životní prostředí (EEA)[90] vedlo **modelování kombinovaného dopadu osmi typů opatření cirkulární ekonomiky na výrobu a používání cementu a oceli ve stavebnictví v EU k celkovému snížení emisí z těchto materiálů o 61 %** ve „vysoce ambiciózním" scénáři (za předpokladu 100% realizace opatření cirkulární ekonomiky v tomto odvětví).

To odráží dlouhodobý (2050) potenciál cirkulárních opatření ve srovnání se statickým výchozím stavem stavební činnosti v EU v roce 2015. Opatřeními s největším dopadem na dekarbonizaci bylo používání inovativních betonových prefabrikátů, používání dřeva jako náhrady betonu, optimalizace prostoru v kancelářských budovách, snížení nadměrné specifikace konstrukční oceli a cementu a opětovné použití konstrukční oceli a konstrukčních betonových prvků.

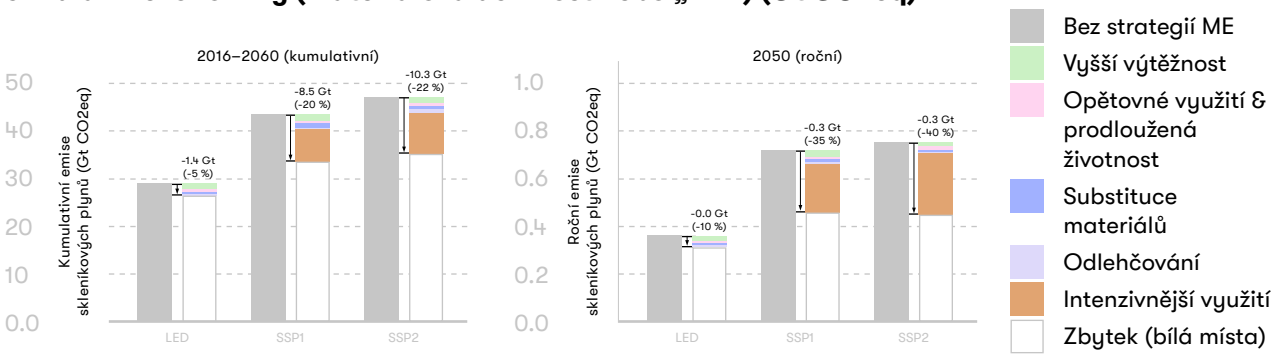


IEA: Celosvětové zabudované emise CO2 ve výstavbě budov (Gt CO2eq/rok, 2019–2070)



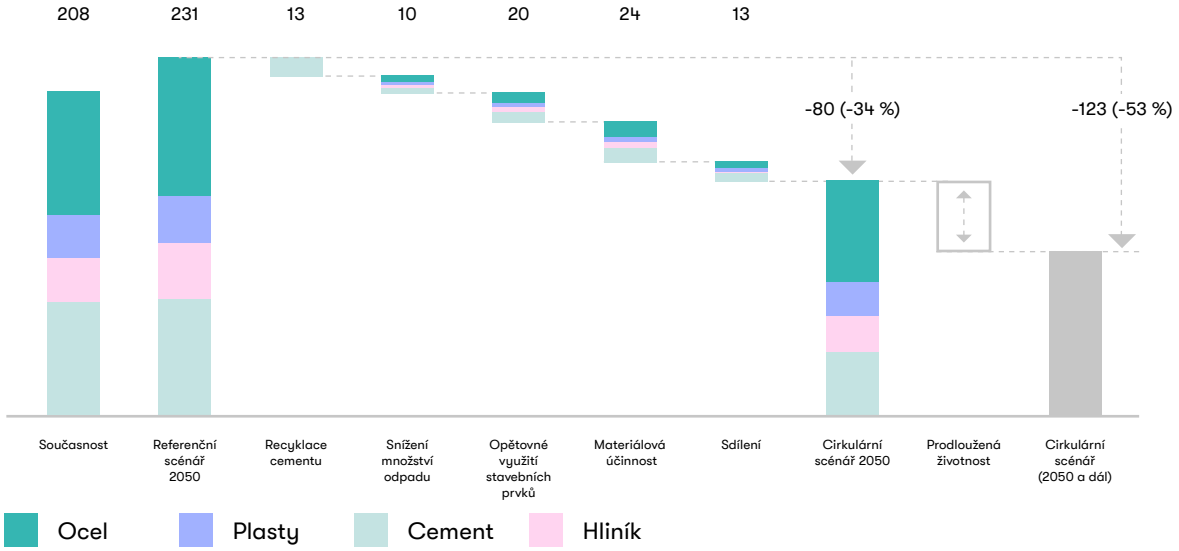
Zdroj: Energy Technology Perspectives (IEA, říjen 2020), s. 234.
STEPS: Stated Policies Scenario. SDS: Sustainable Development Scenario.

IRP: Kumulativní snížení emisí skleníkových plynů během životního cyklu obytných budov v zemích G7 v letech 2016–2060 a v roce 2050 díky opatřením v oblasti cirkulární ekonomiky (materiálová účinnost nebo „ME“) (Gt CO2eq)



Zdroj: Resource Efficiency and Climate Change – Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future (IRP, listopad 2020), s. 42.
Scénáře: LED – nízká poptávka po energii; SSP – sdílené ekonomické cesty (1 a 2).

Material Economics: Emise CO2 z materiálů použitých v budovách (Mt CO2 eq/rok)



Zdroj: The Circular Economy – A Powerful Force for Climate Mitigation (Material Economics, červen 2018), s. 156.

Česká republika

Současné zaměření domácí politické agendy dekarbonizace

Dosavadní cílevědomé úsilí o dekarbonizaci v českém stavebnictví a realitním sektoru se zaměřovalo na provozní fázi budov a na renovace vedoucí k energetické účinnosti. Spotřeba energie v budovách v rezidenčním sektoru se podílí na celkových národních emisích skleníkových plynů přibližně 30 %, tj. 30 Mt CO2eq.[91] Podle dekarbonizační studie McKinsey pro Českou republiku z roku 2020 lze výrazně zlepšit energetickou účinnost ~70 % stávajících českých budov a nejefektivnějším způsobem, jak snížit emise skleníkových plynů z budov, je snížit provozní spotřebu energie zlepšením izolace, instalací inteligentních systémů regulace tepla a změnou chování vlastníků atd.[92] Sdružení Šance pro budovy vypracovalo v roce 2020 studii, která naznačila možnost snížení provozních emisí CO2 ze všech budov v ČR o 87 % prostřednictvím renovací a energeticky účinných modernizací.[93]

Iniciativy na snížení emisí uhlíku v projektech novostaveb a rekonstrukcí prostřednictvím materiálové účinnosti jsou stále poměrně málo rozvinuté a méně pozornosti se věnuje fázím návrhu, výstavby a demolice budov včetně potenciálu snížení emisí uhlíku po celou životnost budov renovacemi a prodloužením jejich životnosti.[94] Významnou výjimkou jsou snahy o zavedení environmentálně odpovědného zadávání veřejných zakázek do běžné praxe, které spolu s novelou zákona o zadávání veřejných zakázek účinnou od ledna 2021 ukládají stavebním společnostem povinnost snižovat spotřebu surovin, opětovně používat materiály a recyklovat nebo třídit odpad během výstavby.[95] Postupy ekologického zadávání veřejných zakázek se však v praxi zatím uplatňují jen zřídka, protože zadavatelé (organizace veřejného sektoru i soukromí investoři) je stále nechtějí nebo nemohou z různých důvodů přijmout, v neposlední řadě z cenových důvodů.

Stav vybraných cirkulárních opatření pro dekarbonizaci výstavby budov

Dřevo jako náhradní stavební materiál

Společnost Skanska a architektonické studio JCA v současnosti pracují na projektech obytných a kancelářských budov, které maximálně využívají dřevo. Bohužel se stále jedná o samostatné budovy a většímu využití dřeva ve vícepodlažních budovách zatím brání legislativní překážky, zejména pokud jde o normy požární ochrany budov. Tato problematika je předmětem diskusí již nejméně 20 let, ale dosud se nepodařilo přijmout normy pro vícepodlažní dřevostavby, jaké platí například v Rakousku nebo Norsku. Jako překážka se uvádí také roztříštěná a zastaralá struktura domácího dřevozpracujícího průmyslu.

Opětovné použití materiálů a stavebních prvků

Iniciativy na podporu opětovného použití materiálů a stavebních prvků jsou v České republice zatím v plenkách. Příkladem v této oblasti je společnost AZS Recyklace odpadu, která připravuje otevření stavebního REUSE centra v Plzni v rámci provozu již fungujícího recyklačního centra pro stavební a demoliční odpady.

Využití a recyklace stavebních materiálů po skončení jejich životnosti

V současné době je v českém stavebnictví nejrozvinutějším cirkulárním opatřením recyklace stavebních materiálů po skončení jejich životnosti, což je částečně dáno pociťovaným nedostatkem strategických materiálů. Podle českého Ministerstva životního prostředí se v budoucnu očekává nedostatek některých místních stavebních materiálů v důsledku předpokládaného uzavření některých kamenolomů a pískoven a země by se v budoucnu mohla potýkat s nedostatkem některých základních stavebních materiálů.[96] Největší objemy materiálů těžených v tuzemsku představují stavební suroviny (64 mil. tun v roce 2019), přičemž nejvýznamnějšími komoditami jsou stavební kámen a štěrk. Vzhledem k tomuto riziku předpokládají Ministerstvo průmyslu a obchodu i Ministerstvo životního prostředí ve svých strategických dokumentech zvýšení investic do zpracování a dalšího využití SDO.[97]

Přestože si vláda i odborníci v odvětví uvědomují hrozbu nedostatku surovin, česká společnost obecně nevnímá primární suroviny jako nedostatkový zdroj, což jen podporuje vnímání materiálů s recyklovanou složkou jako méně kvalitních a omezuje jejich širší využití v praxi. Pro mnoho investorů a konečných uživatelů je používání recyklovaných materiálů stále nepřijatelné a pro stavební firmy je v důsledku toho výroba a užití recyklovaných materiálů často neekonomické řešení. Pro mnoho aplikací recyklovaných stavebních výrobků je překážkou nedostatečná standardizace recyklátů (až na výjimky), které se mohou lišit technickými vlastnostmi a kvalitou, a proto nejsou vhodné pro široké použití. V diskusi o používání nekonvenčních stavebních materiálů, jako je recyklovaný beton, rovněž chybí rovnováha, která by zvážila zvýšené náklady a technologickou složitost při rozšiřování nabídky oproti přínosům jejich používání z hlediska úspory zdrojů a nižšího obsahu uhlíku.

Řádné třídění SDO na staveništích v České republice provádějí pouze velké projekty nebo společnosti, které to mohou finančně zdůvodnit, například kvůli dodatečným nákladům na přepravu SDO do recyklačních center. Tento problém se vyskytuje i na celoevropské úrovni, jak ukazuje například projekt Horizon Europe RECONMATIC. Klíčovým problémem je složitost stavebních procesů a častý nedostatek času a prostoru pro třídění na místě, například v případě staveništ v centrech měst. U menších projektů se tato praxe obecně nedodržuje a podle odborníků se očekává, že tomu tak bude i v dohledné budoucnosti. Dalším důvodem špatného fungování systému nakládání s SDO je nedostatek spolehlivých dat a údajů o množství a složení SDO ze stavebních projektů.

Evropská komise v současné době pracuje na seznamu materiálů, které by měly být považovány za druhotné suroviny a odkloněny od skládkování (tj. neklasifikovány jako odpad). Tato iniciativa je součástí současné revize nařízení o stavebních výrobcích (CPR). V současné době probíhá revize nařízení CPR i v České republice,

přičemž předpokládaná doba revize je 5 let a následovat bude schválení příslušnými evropskými orgány a národními parlamenty. Důležité bude přenést výsledky této iniciativy do českého stavebnictví, kde však stále chybí kapacity a je nedostatečný počet příslušných technických odborníků. S touto iniciativou souvisí i požadavek subjektů stavebního průmyslu na „recyklační mix“, který by poskytl návod, jaké materiály lze efektivně recyklovat, a analýza současných recyklačních kapacit v České republice, které v některých případech nejsou plně využívány. To je mimo jiné případ recyklace sádrokartonu, která je v ČR technologicky možná (v recyklačním zařízení v Počeradech), ale chybí zde poptávka po recyklovaném sádrokartonu.

Existuje také příležitost zavést do běžné praxe ekologicky odpovědné zadávání veřejných zakázek, které by vyžadovalo, aby stavební společnosti snižovaly spotřebu surovin, znovu používaly materiály a recyklovaly nebo třídily odpad během výstavby. Například Ředitelství silnic a dálnic v současné době vypracovává pravidla a podmínky pro začlenění odpovědného zadávání veřejných zakázek do hlavního proudu silniční výstavby. Zatímco požadavek na environmentálně odpovědné zadávání veřejných zakázek byl zahrnut do novelizovaného zákona o veřejných zakázkách[97], chybí ucelený a závazný přístup k provádění tohoto požadavku a stanovení jasných kritérií. V praxi se odpovědné zadávání veřejných zakázek stále často neuplatňuje, a to zejména z důvodu upřednostňování nejnižší ceny jako hlavního kritéria pro zadávání veřejných zakázek ve stavebnictví.

Přizpůsobení specifikací

České stavebnictví se při navrhování stavebních konstrukcí řídí Eurokódy, které jsou pravidelně revidovány a aktualizovány. Podle odborníků z ČKAIT jsou Eurokódy (zavedené po roce 2004) materiálově neefektivní a po jejich zavedení se spotřeba materiálů na nosné konstrukce budov v ČR zvýšila o 20–30 %. Naddimenzování materiálů je běžnou praxí ve stavebních plánech, které mají zajistit bezpečnost a co nejdelší životnost budov na základě modelování a predikcí. Přetrvává obava, že snížení specifikací by mohlo mít dopad na bezpečnost budov, s čímž jsou spojené důsledky v oblasti odpovědnosti: architekti, projektanti a stavební inženýři atd. nechtějí nést odpovědnost za případné poruchy konstrukcí a sníženou bezpečnost budov. V českém prostředí mají stavební inženýři a projektanti celoživotní odpovědnost za veškeré výpočty, následnou životnost a kvalitu budov, takže je pochopitelné, že se striktně řídí normami a osvědčenými postupy, aby dodrželi všechna bezpečnostní pravidla. Prvním krokem k menšímu předimenzování budov je změna stavebních norem a specifikací. K úpravě (změně) specifikací je třeba vést diskusi o evropských harmonizovaných normách v rámci Evropského výboru pro normalizaci (CEN), kde je k úpravě jednotných pravidel nutný souhlas všech 33 členských zemí.

Prefabrikace

Historicky existuje odpor české veřejnosti k prefabrikaci ve stavebnictví, který je spojen s masovou výstavbou „panelových sídlišť“ ve druhé polovině 20. století. Přesto je dnes prefabrikace běžnou praxí. Je to přirozený důsledek nedostatku kvalifikované pracovní síly ve stavebnictví, pro které jsou prefabrikované a modulární stavby

efektivním řešením. V České republice existují bytové projekty, například ve Vlkýši, které lze po skončení jejich životnosti kompletně demontovat a později opět smontovat, přičemž vzniká maximálně 5 % stavebního odpadu. Technickou překážkou může být snížená míra tuhnutí. Klíčovým aspektem prefabrikace je možnost relativně rychlé manipulace s prefabrikáty po odbednění, obvykle 12 hodin po vylití. Mnohé alternativy cementu fungují dobře z hlediska postupného nárůstu pevnosti, ale často mají potíže s dosažením rychlé minimální počáteční pevnosti potřebné pro manipulaci s betonovým výrobkem. To může být problém, pokud je na stavbě omezený čas a prostor.

Prodloužení životnosti budov, zejména prostřednictvím renovace

Jak již bylo uvedeno výše, v zemi existuje obrovský potenciál pro rekonstrukce a renovace budov s cílem dosáhnout vyšší energetické účinnosti nebo dlouhodobě prodloužit životnost budov. To je třeba posuzovat s ohledem na specifické vlastnosti stavebního fondu a tzv. morální životnost budov, po jejímž překročení již další rekonstrukce nebo modernizace nebude splňovat funkční potřeby nebo nebude ekonomicky proveditelná.

V České republice se v současnosti ročně renovuje 0,6–0,8 % budov (průměr EU je asi 1 %). Podle Šance pro budovy je třeba tento podíl zvýšit nejméně trojnásobně, aby se využil potenciál pro snížení emisí a spotřeby energie,[98] chybí však ekonomická, právní nebo společenská motivace. Klíčovým faktorem je přetrvávající zaměření na co nejnižší cenu používaných stavebních materiálů, což brání zavádění kvalitnějších materiálů s lepšími vlastnostmi a delší životností.

Kvůli slabé ochraně půdy dochází k pokračujícímu rozvoji volné krajiny novou zástavbou, což souvisí s dlouhodobě vysokou poptávkou po rodinných domech. To vedlo k upřednostňování novostaveb, přičemž renovace a rekonstrukce stávajících domů zůstávají druhořadým zájmem. Kromě prodloužení životnosti stavby hraje roli také prodloužení životnosti zařízení a technologií uvnitř budov. Přestože se technologie s časem vyvíjejí a mění, záruky odolnosti a životnosti zůstávají stejné nebo neexistují a v zemi stále chybí poptávka po tom, aby výrobci garantovali delší životnost výrobků a technologií. To by měl v příštích letech řešit návrh nařízení EU o ekodesignu udržitelných výrobků (ESPR) a revize nařízení CPR.

88 | Ačkoli se tato kapitola zaměřuje na budovy, infrastruktura je také významným zdrojem emisí skleníkových plynů, a to jak z výroby materiálů pro stavbu silnic, mostů, viaduktů atd., tak z dopravy surovin.

89 | Towards embodied carbon benchmarks for buildings in Europe (Ramboll, Aalborg University, KU Leuven, březen 2022).

90 | The decarbonisation benefits of sectoral circular economy actions (Ramboll, Fraunhofer ISI a Ecologic Institute for European Enviroment Agency, únor 2020).

91 | Národní plán obnovy – Renovace budov a ochrana ovzduší (2021), s. 2.

92 | McKinsey – Cesty k dekarbonizaci České ekonomiky (prosinec 2020), s. 53.

93 | ECEEB – Potenciál pro snížení provozních emisí CO2 z budov českého fondu (červen 2020), s. 1.

94 | Principy a řešení udržitelné architektury (Rethink Architecture, 2020), s. 31.

95 | Ministerstvo práce a sociálních věcí – Odpovědné veřejné zadávání.

96 | Strategický rámec cirkulární ekonomiky České republiky 2040 (2021)

97 | Ministerstvo životního prostředí – Státní politika životního prostředí České republiky 2030 s výhledem do roku 2050 (leden 2021), s. 69.

98 | Dlouhodobá strategie renovace budov v České republice (Aktualizace, Šance pro budovy, květen 2020).

Automobilový průmysl

Cirkulárními opatřeními a strategiemi lze dosáhnout výrazného snížení jak zabudovaných emisí z materiálů používaných při výrobě automobilů (ocel, plasty, hliník), tak emisí z provozního využití energie. S přechodem vozového parku na elektrická a jiná alternativní paliva bude kladen stále větší důraz na dekarbonizaci materiálového cyklu automobilů. Scénáře pro rok 2050 naznačují potenciální snížení emisí díky cirkulárním opatřením až o 70 % v případě zabudovaných emisí ve vozidlech v EU a zemích G7 a až o 40 % v případě emisí skleníkových plynů během životního cyklu v zemích G7. Cirkulární opatření s největším dopadem jsou intenzivnější využívání (sdílení jízd nebo sdílení automobilů), odlehčování (včetně zmenšování rozměrů vozidel) a prodlužování životnosti vozidel. Vyhodnocení konkrétních opatření ke snížení obsahu uhlíku ve vozidlech vyvolává složité otázky týkající se dlouhodobé výrobní strategie a inovací v konstrukci vozidel, které přesahují rámec této zprávy.

V českém a středoevropském kontextu je integrace mezi CE a strategiemi dekarbonizace výroby vozidel omezená, ale roste tlak na výrobce automobilů, aby implementovali plány pro přechod na uhlíkovou neutralitu, včetně emisí Scope 3 z průmyslových materiálů. Uzavřený cyklus recyklace materiálů z vozidel s ukončenou životností (VÚŽ) je omezen roztříštěným odvětvím zpracování VÚŽ, šrotovacími postupy, které vedou k downcyklaci, nedostatkem údajů o původu materiálů a nejasným právním rozlišením mezi odpadem a druhotnými surovinami. Existuje velký nevyužitý potenciál pro větší opětovné použití, repasování a recyklaci použitých automobilových dílů a materiálů prostřednictvím online digitálních obchodních platforem. Výrobci automobilů v současné době nemají ekonomickou motivaci k prodloužení životnosti vozidel nebo k přesunu svého portfolia na menší a lehčí vozidla.

Příležitost k dekarbonizaci díky modelům sdílení automobilů je v počáteční fázi a výrobci automobilů mají obavy z negativních dopadů na svou značku. Škálování systému sdílení automobilů se zapojením výrobců aut by mohlo zvýšit míru využití vozového parku, rozšířit příjmy výrobců o výnosy z poprodejních služeb a vytvořit pobídky k prodloužení životnosti vozidel.

Poznatky z mezinárodních studií

Emise související s palivem v současnosti tvoří 80–85 % emisí během životního cyklu osobních a nákladních vozidel s vnitřním spalováním, zatímco 15–20 % emisí pochází z dodavatelského řetězce materiálů používaných při výrobě vozidel. Osobní vozidla představují přibližně 7 % celosvětové poptávky po oceli a 12 % po hliníku a lehká užitková vozidla a těžká nákladní vozidla další 4 % oceli a 10 % hliníku (IEA:3).

Podle současných právních předpisů EU musí podíl obnovitelných a alternativních paliv v dopravě (včetně elektromobility, pokročilých biopaliv a vodíku) do roku 2030 dosáhnout alespoň 14 %. Podle balíčku legislativních návrhů Komise „Fit for 55“ z července 2021 však mají průměrné emise z nových vozidel klesnout do roku 2030 o 55 % oproti současným úrovním (2021) a do roku 2035 na nulu. Při přechodu na elektromobily a další alternativní paliva budou průmyslové materiály tvořit stále větší část emisí během životního cyklu vozidel. Podle odhadů společností McKinsey & Company a Accenture v rámci iniciativy Circular Car Initiative[99] by globální emise z výroby materiálů mohly do roku 2040 dosáhnout 60 % emisí životního cyklu automobilů.

Na evropské úrovni se od roku 2005 snížily emise CO2 o 33 %, spotřeba energie o 7 % a produkce odpadů na automobil ve fázi výroby také o 7 %, přičemž hlavním zdrojem snížení emisí byla doposud energetická účinnost a přechod na obnovitelné zdroje energie.[100] V rámci dlouhodobých průmyslových plánů pro dosažení uhlíkové neutrality v celém hodnotovém řetězci do roku 2050 se proto věnuje stále větší pozornost celkovým emisím během životního cyklu vozidel, včetně emisí zabudovaných v materiálech.

Opatření cirkulární ekonomiky pro dekarbonizaci automobilového průmyslu – STRANA NABÍDKY

Opětovné použití a repasování

→ **Opětovné použití a repasování** (dosažení stejné funkčnosti jako u nových dílů) jednotlivých součástí automobilů, zejména motorů a pneumatik, **může snížit emise uhlíku v automobilech o 70–90 % ve srovnání s výrobou nových dílů** (IRP).

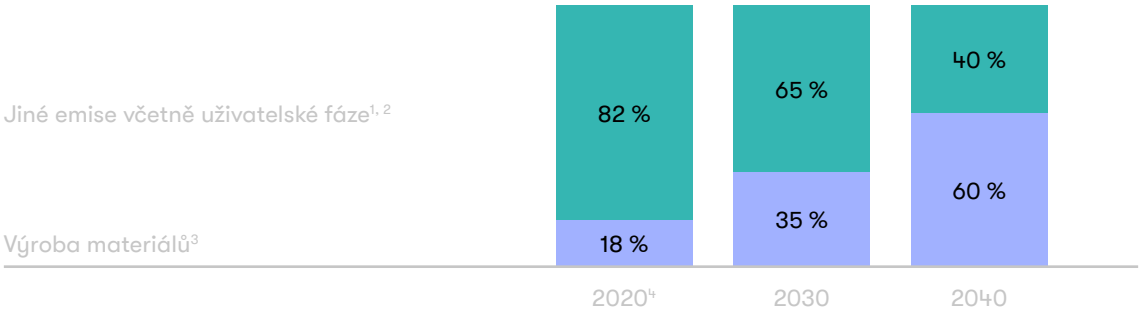
→ Podle praxe v Japonsku může repasované zařízení snížit spotřebu energie na výrobu materiálu až o 98 % a spotřebu energie na montáž přibližně o 40 %.[101]

→ Material Economics předpokládá, že podíl repasovaných dílů v automobilech se do roku 2050 zvýší ze současných 5 % (základní scénář) na 11 % (cirkulární scénář) (ME:1).

Lepší využití a recyklace materiálů na konci životnosti

→ **Použití recyklovaných materiálů může kompenzovat až 50 % uhlíku obsaženého ve výrobě vozidla**. Celosvětová míra recyklace

WEF: Emise z výroby materiálů budou mít vyšší procentální podíl než ostatní emise životního cyklu (na základě požadovaných objemů prodeje)



1. Předpokládaný konstantní dojezd 15 000 km/vozidlo za rok a desetiletá životnost jako základní hodnota – emise po skončení životnosti zde nejsou zohledněny.
2. 2018 průměr ~120g CO2/km, dnešní cíl 95g CO2/km; budoucí předpoklady: 2030 75g CO2/km; 2040 50g CO2/km; 0,10-0,16 kWh/km pro xEV.
3. Průměrné emise materiálu: ICE 3 000, EV 7 400, PHEV 5 000, HEV 4 000 kg CO2 na vozidlo podle modelu (konstantní z důvodu soustředění na dekarbonizaci).
4. Současná penetrace BEV, PHEV, HEV v příslušných regionech na úrovni 4-8 %; 2030: BEV 33 %, PHEV 12 %, HEV 7 %; 2040: BEV 60 %, PHEV 27 %, HEV 13 %.
Zdroj: Forging Ahead – A materials roadmap for the zero-carbon car (Světové ekonomické fórum, prosinec 2020), s. 8.

kovů je poměrně vysoká (~70 % u oceli, 67 % u mědi a 87 % u hliníku) a očekává se, že se v budoucnu zvýší jen mírně, zatímco **u plastů se očekává zvýšení míry recyklace až na 70 % v roce 2050 oproti 18 % v roce 2015** (IRP:1).

→ Recyklované materiály z automobilů jsou však obvykle downcyklovány (znehodnocovány) a nedosahují dostatečné kvality pro opětovné použití v automobilovém průmyslu, což vyžaduje další zlepšení recyklační infrastruktury.[102, 103]

Opatření cirkulární ekonomiky pro dekarbonizaci automobilového průmyslu – STRANA POPTÁVKY

Zlepšení výtěžnosti výroby

→ Současná průměrná výtěžnost materiálu při výrobě vozidel je pouze 70–80 % u oceli a 80–85 % u hliníku. Tato procenta by se mohla zvýšit díky zlepšení provozní účinnosti výrobních procesů, vývoji nových procesů s vyšší výtěžností a změnám v konstrukci součástí. Tato a další opatření, jako je opětovné využití výrobního šrotu a využití výrobků na konci životnosti, mohou **do roku 2050 snížit roční emise skleníkových plynů v materiálovém cyklu o 38 % ve srovnání** s rokem 2015 (IRP).

Prodloužení životnosti vozidla

→ Prodloužení životnosti vozidel snižuje tlak na používání energeticky náročných materiálů, a tím potenciálně snižuje produkci skleníkových plynů. Delší životnost lze podpořit výběrem materiálů, prediktivní údržbou, mo-

dulární konstrukcí a repasováním, vyšší mírou opětovného použití součástí a delší vnitřní životností elektrických hnacích ústrojí. Podle jednoho z cirkulárních scénářů **by se průměrná životnost automobilů v EU mohla do roku 2050 prodloužit o 60 % z 280 000 km (základní scénář) na 450 000 km (cirkulární systém)** (ME:1).

→ Ta by se měla zaměřit na vozidla s nízkými provozními emisemi. Prodloužení životnosti elektromobilů a zvýšené opakované použití dílů vede v zemích G7 k dodatečným úsporám emisí skleníkových plynů během životního cyklu ve výši 5–13 %, přičemž se předpokládá prodloužení životnosti o 20 % do roku 2060 u vozidel PHEV, BEV a FCV, ale žádné prodloužení u vozidel ICEVg, ICEVd a HEV (IRP).

Odlehčení vozidel (náhrada materiálů)

→ Odlehčením automobilů lze do roku 2070 celosvětově dosáhnout čistého snížení emisí CO2 eq z výroby materiálů o 1 Gt a navíc snížit emise CO2 eq z používání vozidel o další 2 Gt. Odlehčení může také zvýšit dojezd vozidla, což by usnadnilo rychlejší zavádění bateriových elektromobilů a potenciálně menších baterií (IEA:1).

→ Podle studie IRP by díky odlehčení emise skleníkových plynů během životního cyklu automobilů mohly klesnout o 9 % a zabudované emise o 14-19 % (do roku 2050, v zemích G7) (IRP)

→ Ocel tvoří 50–65 % hmotnosti vozidla a je zodpovědná za 30–40 % emisí uhlíku v průměrném vozidle. Odlehčení osobních a nákladních automobilů by do roku 2050 přispělo ke kumulativnímu snížení celosvětové poptávky po oceli o 11 % (a o 2 % v roce 2050) díky lepšímu přizpůsobení dílů jejich funkci, většímu využití vysokopevnostní oceli a nahrazení lehčími materiály (např. hliníkem, hořčíkovými slitinami, plasty a polymery vyztuženými uhlíkovými vlákny) (IEA:2).

→ Podle scénáře efektivního využití materiálů **by osobní automobily v roce 2060 mohly být v průměru o 40 % lehčí než v roce 2015**, a to jak u vozidel se spalovacím motorem (ICE), tak u elektromobilů (BEV) (IEA:3).

Downsizing (snížení velikosti vozidel ve vozovém parku)

→ Downsizing vozidel v praxi znamená přesun zákazníků do menšího segmentu vozidel, tj. z lehkého nákladního automobilu do dodávky/SUV; z dodávky/SUV do osobního automobilu; nebo z osobního automobilu do mikroautomobilu. V závislosti na segmentu vozidla a pohonné jednotce může downsizing snížit **hmotnost vozidla o 16–44 % a spotřebu paliva o 9–37 %.**[103]

Intenzivnější využívání vozidel (sdílení jízd, sdílení automobilů)

→ Sdílení jízd a sdílení automobilů mění způsob využívání vozidel, což může vést ke snížení celkového počtu vozidel a z toho plynoucí poptávky po

automobilovém materiálu. **Pokud by se 25 % cest v zemích G7 uskutečnilo prostřednictvím sdílení jízd, snížilo by to emise skleníkových plynů v celém systému o 13–20 %. Pokud by v roce 2050 bylo 15–25 % automobilů sdíleno, snížilo by to emise CO2eq o 6–10 %** (IRP:1).

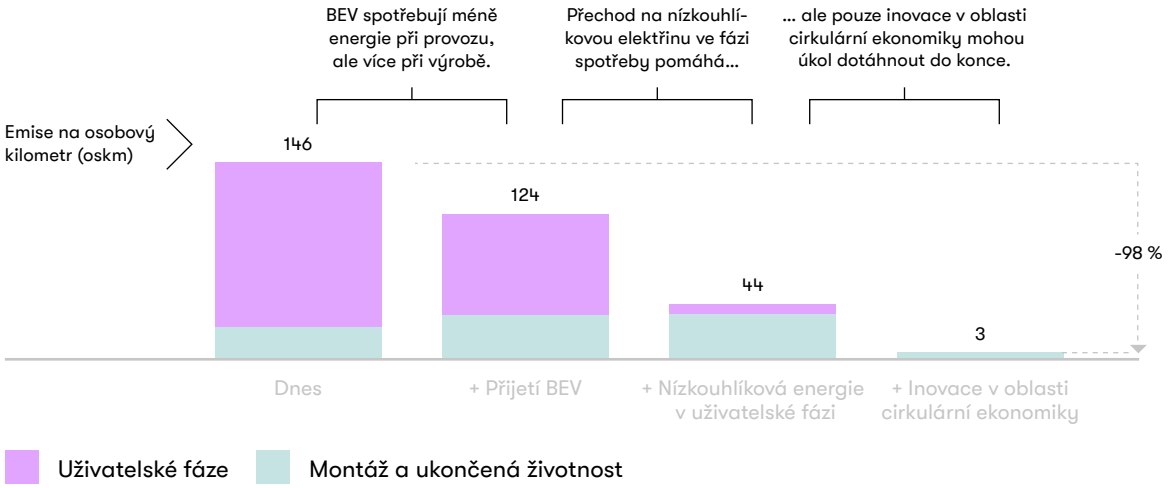
→ V cirkulárním scénáři pro automobilový sektor EU předpokládala společnost Material Economics v roce 2050 sdílení ~65 % celkového vozového parku osobních automobilů, přičemž počet sdílených automobilů na milion osobokilometrů by byl v průměru o 77 % nižší než u soukromých automobilů (0,6 milionu automobilů oproti 2,6 milionu) a průměrná obsazenost o 17 % vyšší (1,91 cestujících oproti 1,63 v základním scénáři) (ME:1).

→ Konkrétně v oblasti oceli by širší změny v dopravě mohly přispět k **10 % kumulativního snížení poptávky po oceli do roku 2050 (a k 2% snížení poptávky v roce 2050)**, a to díky přechodu na veřejnou dopravu, cyklistiku a sdílenou mobilitu, efektivnější nákladní dopravě a snížení počtu cest v důsledku zahušťování měst, práce na dálku a omezení diskrétních cest (IEA:2).

Odhady dekarbonizačního potenciálu cirkulární ekonomiky

Iniciativa Circular Cars Initiative (CCI), kterou založilo Světové ekonomické fórum (WEF) a Světová podnikatelská rada pro udržitelný rozvoj (WBCSD), zveřejnila několik analýz o materiálových plánech, obchodních modelech a politických opatřeních k urychlení přechodu na automobilový průmysl s nulovými emisemi v celém životním cyklu. Jak je znázorněno níže, cirkulární inovace představují téměř 30 % celkového plánu CCI na dekarbonizaci ilustrativního automobilu typu hatchback a téměř veškeré snížení emisí po přechodu na BEV (bateriová elektrická vozidla) využívající nízkouhlíkovou energii.

WEF: Dekarbonizace vozidel (příklad typu hatchback)



Zdroj: Forging Ahead – A materials roadmap for the zero-carbon car (Světové ekonomické fórum, prosinec 2020), s. 5.

Země G7

Při modelování snižování emisí u lehkých užitkových vozidel posoudil Mezinárodní panel pro zdroje (IRP) dopad cirkulárních opatření na spotřebu materiálů a energie při výrobě vozidel, spotřebu energie při provozu vozidel a dostupnost recyklovaných materiálů. IRP odhaduje, že do roku 2050 by tyto strategie mohly **snížit roční emise skleníkových plynů při výrobě vozidel a jejich likvidaci na konci životnosti o 57–70 % v zemích G7**. Některá z těchto opatření rovněž snižují spotřebu energie při výrobě a provozu vozidel. Související snížení emisí z úspor energie při provozu by bylo několikanásobně vyšší než snížení zabudovaných emisí, a to i ve scénářích s postupným přechodem na elektrická vozidla a vozidla s palivovými články.

V rámci všech cirkulárních opatření **by emise skleníkových plynů během životního cyklu při výrobě, provozu a nakládání s automobily na konci jejich životnosti mohly v zemích G7 v roce 2050 klesnout o 28–40 %**, přičemž největší potenciální dopad by mělo sdílení jízd, sdílení automobilů a přechod na menší velikosti vozidel.

Evropská unie

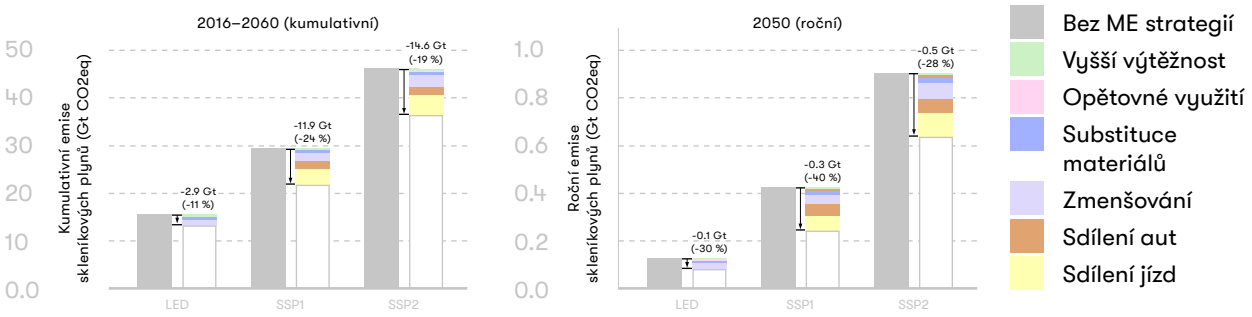
Podle dřívějšího modelování společnosti Material Economics (ME:1) by se emise skleníkových plynů z osobních automobilů v EU v nízkouhlíkovém scénáři pro rok 2050 stále zvýšily o 22 % ve srovnání s rokem 2018 v důsledku vyššího objemu.

Cirkulární opatření by mohla snížit tento podíl o 70 % kombinací opětovného použití a opětovné výroby (6 %), odlehčení (15 %), prodloužení životnosti (34 %) a sdílení (15 %).

Kromě toho by cirkulární scénář mohl snížit celkové náklady na vlastnictví na osobokilometr a externí a veřejné náklady na automobilovou dopravu o tři čtvrtiny oproti současnosti.

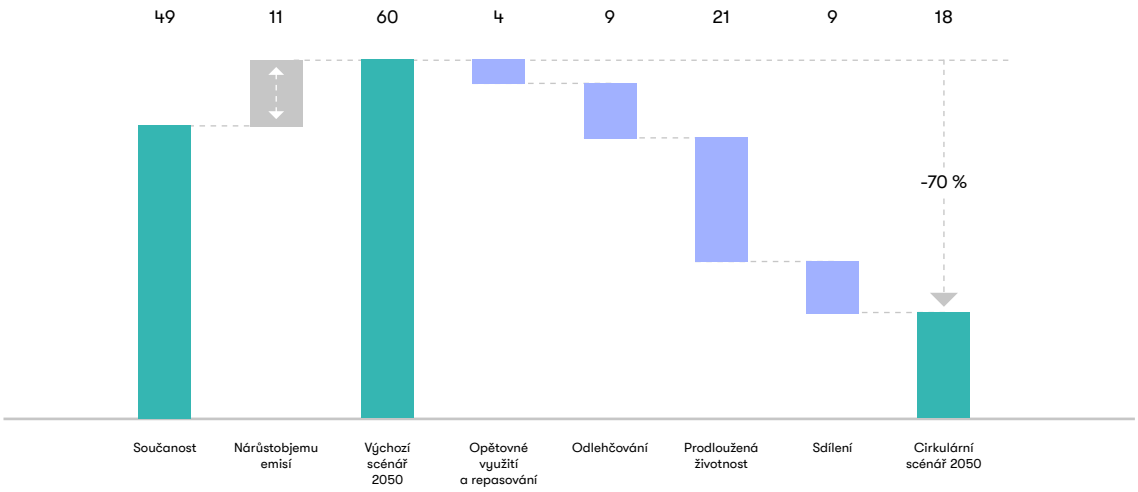
V rámci podrobného hodnocení přínosů dekarbonizace plynoucích z přístupu „produkt jako služba“ společnost Systemiq nedávno analyzovala dva modely **Car-as-a-Service (CaaS): předplatné automobilů** a **„free-float“ sdílení automobilů**. Podle jejích odhadů by tyto modely mohly dekarbonizovat 25 %, respektive 45 % **emisí** BEV v **životním cyklu** na 1 km jízdy.

IRP: Kumulativní snížení emisí skleníkových plynů v životním cyklu osobních automobilů v letech 2016–2060 a v roce 2050 v zemích G7 díky cirkulárním opatřením (materiálová účinnost) (Gt CO2eq)



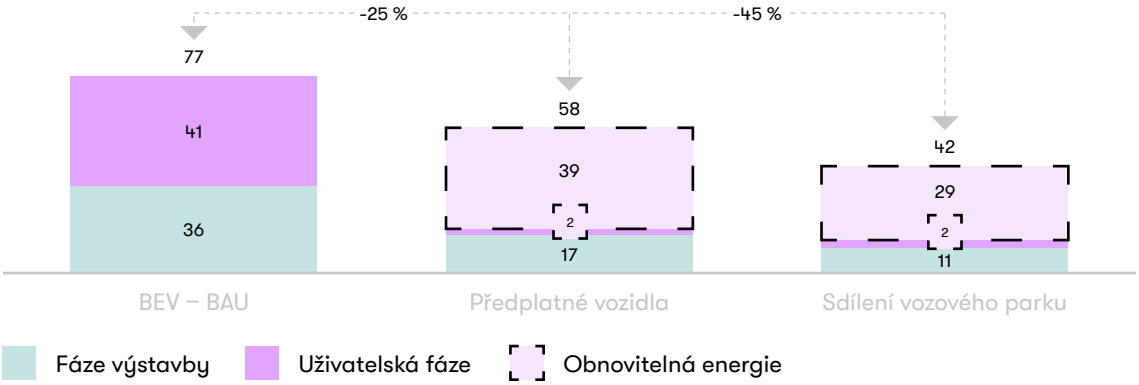
Zdroj: Resource Efficiency and Climate Change – Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future (IRP, listopad 2020), s. 56.
Scénáře: LED – nízká poptávka po energii; SSP – sdílené ekonomické cesty (1 a 2).

Material Economics: Emise CO2 z materiálů používaných v osobních automobilech v EU (Mt CO2eq/rok)



Zdroj: The Circular Economy – A Powerful Force for Climate Mitigation (Material Economics, červen 2018), s. 133.

Systemiq: Emise / dekarbonizace v g CO2eq/oskm



Zdroj: Analýza SYSTEMIQ na základě OECD & ITF (2020), IRP (2020), Ecoinvent (2020), Volkswagen AG (2021a), Volkswagen AG (2021b) a rozhovorů s experty.

Česká republika

Současné zaměření domácí politické agendy dekarbonizace

Automobilový průmysl je největším průmyslovým odvětvím v České republice, tvoří čtvrtinu průmyslové výroby a vývozu a 9 % HDP.[104] Přímo ve výrobě zaměstnává více než 180 000 osob (14 % celkové zaměstnanosti ve zpracovatelském průmyslu, což je jeden z nejvyšších podílů v EU[105]) a přibližně půl milionu osob v dodavatelském řetězci automobilového průmyslu celkově. Česká republika je 3. největším výrobcem osobních automobilů v EU s ~10% podílem na výrobě v EU v roce 2020 a 11. největším výrobcem na světě.

Hlavním předmětem současného úsilí o dekarbonizaci na mezinárodní úrovni i v České republice zůstávají emise ze spotřeby paliva/energie vozidel ve fázi používání. Národní emise skleníkových plynů z automobilové silniční dopravy činily v roce 2019 11,7 Mt CO2eq, tj. 10 % celkových emisí země, což je více než dvaapůlkrát více než v roce 1990. Počet registrovaných osobních automobilů v České republice se mezi lety 1990 a 2014 zdvojnásobil a do roku 2020 vzrostl o dalších ~20 %.[106] Zároveň průměrné stáří vozového parku osobních automobilů (14,9 roku) zůstává jedním z nejvyšších v EU.[107]

Český automobilový průmysl jako přední spotřebitel oceli, hliníku, plastů a dalších emisně náročných průmyslových materiálů musí hrát důležitou roli při dalším snižování emisí skleníkových plynů z materiálů během životního cyklu ve fázích výroby, údržby/opravy a po skončení životnosti vozidel, zejména s ohledem na velmi vysoké zaměření tohoto odvětví na zahraniční obchod – přibližně 90 % vyrobených vozidel a více než 75 % produkce z dodavatelského řetězce automobilového průmyslu se vyváží na trhy EU a na světové trhy.[106]

Škoda Auto je největším výrobcem automobilů v České republice, který se v letech 2019 a 2020 podílel na tuzemské výrobě osobních automobilů ~65 %.[106] Ve svém Environmentálním programovém prohlášení skupina oznámila plány na snížení emisí skleníkových plynů během životního cyklu osobních a lehkých užitkových vozů o 30 % do roku 2025 oproti roku 2015 a snížení environmentálních externalit souvisejících s výrobou (CO2, energie, voda, odpad, těkavé organické látky) o 45 % na vůz oproti roku 2010. Skupina rovněž aktivně usiluje o uplatňování zásad cirkulární ekonomiky. Dosavadní projekty zahrnují systém zpětného odběru pneumatik, opětovné využití autobaterií pro stacionární aplikace skladování energie a využití recyklované oceli, hliníku a plastových recyklátů při výrobě vozidel, které tvoří 19 %, 11 %, resp. 1 % hmotnosti vozidla Škoda Octavia.[107] Cirkulární ekonomika a dekarbonizace však v současné době nejsou ve společnosti Škoda ani v interních strategiích koncernu VW úzce propojeny, protože v průmyslu stále ještě není dostatečné povědomí o tom, že CE může významně pomoci při plnění dekarbonizačních cílů. To je částečně způsobeno složitostí měření příspěvku CE k dekarbonizaci pomocí současného souboru klíčových ukazatelů výkonnosti (zaměřených především na emise CO2

v kontextu strategií zelené energie). Skupina Volkswagen v současné době pracuje na vytvoření specifického souboru měření týkajících se cirkulární ekonomiky.[108]

Dekarbonizace výroby vozidel byla hlavním tématem 4. ročníku konference **CEE Automotive Supply Chain 2021**, která se konala v říjnu 2021 v Olomouci. Podle názoru prezidenta Sdružení automobilového průmyslu Slovenské republiky (ZAPSR) dosáhne podíl vozidel s nulovými emisemi na prodeji nových automobilů do roku 2030 pravděpodobně 60–70 %, protože výrobci automobilů budou soutěžit o překonání závazných emisních norem a cílů, přičemž „nulové emise" budou časem stále více zahrnovat nejen fázi používání, ale i výrobu vozidel, a dokonce i emise v rozsahu 3 v automobilovém dodavatelském řetězci.[109]

Stav vybraných cirkulárních strategií pro dekarbonizaci automobilového průmyslu

Klíčovými nástroji pro výrobce a dodavatele automobilů jsou **zlepšení výtěžnosti výroby** s cílem minimalizovat odpad a plýtvání materiálem, **odlehčení vozidel** prostřednictvím náhrady materiálů v jednotlivých komponentech a snížení průměrné velikosti vozidla a prodloužení životnosti vozidel prostřednictvím modulární konstrukce a použití materiálů s vyšší odolností. Jedná se o velmi složité otázky dlouhodobé výrobní strategie a inovace konstrukce vozidel, které dalece přesahují rámec tohoto přehledu. Následující shrnutí zahrnuje zpětnou vazbu z workshopu zúčastněných stran se zástupci společnosti Škoda Auto, který se konal v dubnu 2022, a podle vysvětlivek i poznatky z dalších veřejně dostupných zdrojů.

Opětovné použití a repasování

Opětovně použitelné součásti tvoří pouze ~2 % hmotnosti vozidla, protože většina vozidel ELV jsou zastaralé modely s malou poptávkou po náhradních dílech, ačkoli výrobci automobilů jsou ze zákona povinni uchovávat náhradní díly po dobu přibližně 10 let. Některé díly jsou již mnoho let repasovány v rámci koncernu VW včetně Škoda Auto. Problém repasování spočívá v kompatibilitě v čase, v důsledku čehož jsou nové díly často nekompatibilní se staršími z důvodu vývoje produktů. Dalším problémem, se kterým se mohou automobilky potýkat, je hodnocení kvality vozů, neboť každý typ vozu má certifikaci na základě specifických dílů. Jakmile vozidlo obsahuje repasované díly (s odlišnými vlastnostmi nebo použitými materiály ve srovnání se zcela novými díly), nemusí splňovat kritéria hodnocení kvality a opětovné hodnocení kvality je nákladný a problematický proces.

Efektivnější sběr a recyklace materiálů s ukončenou životností

Ekologická likvidace **vozidel s ukončenou životností (VÚŽ)** se v České republice řídí zákonem č. 542/2020 Sb., o výrobcích s ukončenou životností, který aplikuje ustanovení směrnice EU 2000/53/ES a pozdějších novel.[110] Výrobci vozidel a zařízení jsou povinni zohlednit demontáž, opětovné použití a využití vozidel jako součást jejich konstrukce a výroby tak, aby 85 % hmotnosti vozidla bylo opětovně použitelné a/nebo recyklovatelné a 95 % opětovně použitelné a/nebo využitelné. Stejná úroveň opětovného použití, využití a recyklace se vyžaduje od zařízení na zpracování odpadů při zpracování vozidel s ukončenou životností v souladu se zásadami hierarchie nakládání s odpady. Od

roku 2013 (s výjimkou roku 2020 v důsledku přerušení činnosti v souvislosti s COVID) se roční počet VUŽ neustále zvyšuje a v roce 2019 dosáhl více než 175 000 kusů, protože v období hospodářského oživení byl obnoven vozový park.[111] Průměrná hmotnost autovraků v roce 2018 činila 1 tunu, z toho ~78 % oceli (většinou recyklované ocelárnami pro výrobu stavební oceli), ~3 % neželezných kovů a ~2 % plastů.

Nejjednodušší a nejběžnější technikou zpracování používanou českými zpracovateli elektroodpadu je drcení nebo částečná demontáž s následným drcením, která má oproti demontáži nevýhodu ve znehodnocení různých složek zpětně odebraného materiálu, což vede k downcyklaci. Další neefektivitou odvětví je značně roztříštěná síť a nízká produktivita zpracovatelských zařízení, což má za následek neefektivní systém kontroly recyklovaných materiálů.[112] V České republice je v současné době až 500 demontážních firem a výrobci automobilů spolupracují pouze s některými z nich, a to z důvodu nízké kvality služeb, které mnohé z nich nabízejí (a neexistence kontrolního orgánu). Proto se sice materiály vracejí zpět do automobilového průmyslu prostřednictvím recyklace (např. jako kovový šrot), ale výrobci OEM v automobilovém průmyslu nemají přesné údaje o jejich původu. Dalšími důvody neefektivního sledování materiálových toků v českém automobilovém průmyslu jsou nelegální vývoz automobilů mimo EU a převod vlastnictví a zdánlivá „ztráta" vozidel v národních registrech. Další klíčovou překážkou recyklace je nejasné vymezení rozdílu mezi „odpadem" a „druhotnými surovinami" ve vnitrostátních právních předpisech. V důsledku toho nelze materiály, které jsou právně definovány jako odpad, použít jako druhotné suroviny. Tato situace vedla výrobce automobilů, včetně společnosti Škoda Auto, k výzvě na vytvoření dobrovolného systému zpětného odběru materiálů, který by rozšířil již existující povinný systém zpětného odběru (vyřazené baterie, vozidla atd.).

Celkově existuje velký nevyužitý potenciál pro lepší využití materiálů v hodnotovém řetězci výroby vozidel a trhu s náhradními díly z českého odvětví zpracování VÚŽ, například v podobě online platforem nabízejících náhradní díly k opětovnému použití a repasování (spolupráce s odvětvím informačních technologií).

Dalším způsobem recyklace, který Škoda Auto mimo jiné sleduje, je použití recyklovaných náhradních materiálů v interiérech vozů. Těmito náhražkami mohou být materiály na biologické bázi (kukuřice, kokosová vlákna) nebo recyklované odpadní materiály (PET láhve, rybářské sítě), které nahrazují emisně náročné materiály, jako jsou plasty, kůže nebo kovy, a pomáhají tak výrobcům automobilů plnit dekarbonizační cíle.[113, 114]

Zlepšení výtěžnosti výroby

Koncepty Průmyslu 4.0 (a 5.0) mohou podpořit zvýšení výnosů optimalizací a integrací výrobních procesů v celém hodnotovém řetězci. Plně automatizovaná výrobní zařízení mohou vyrábět i malé výrobní dávky podle potřeb konkrétních zákazníků a výrobních sérií při zachování efektivity hromadné výroby. Automobilový průmysl je celosvětově i v České republice dlouhodobě v popředí trendů automatizace, just-in-time a „štíhlé" výroby, takže tato problematika zůstává součástí probíhající optimalizace s cílem minimalizovat plýtvání a sladit plánování materiálu na všech úrovních dodavatelského řetězce. Český průmysl automobilových komponent a systémů musí být co nejlépe připraven využívat nově vznikající

surovinové, technologické, výrobní a procesní inovace a strategicky je vyhodnocovat v kontextu materiálové účinnosti.[115]

Prodloužení životnosti vozidel

Průměrné stáří VÚŽ přijatých českými zpracovateli k likvidaci za posledních deset let je ~20 let. Vzhledem k vysokému průměrnému stáří vozového parku osobních automobilů v ČR jsou cirkulární opatření v podobě prodloužení životnosti automobilů diskutabilní, neboť starší vozidla jsou poměrně emisně náročná. V případě novějších a efektivnějších vozů nejsou výrobci automobilů (Škoda Auto) často dostatečně motivováni k prodlužování životnosti vozů z důvodu omezeného zisku z fáze užívání vozu (servisu) způsobeného tím, že zákazníci po uplynutí záruční doby přestávají navštěvovat autorizované servisy. Je třeba prozkoumat nové obchodní modely. Automobiloví výrobci OEM také musí splňovat nové předpisy a normy, což vede k neustálé modernizaci výroby nových vozů spíše než k prodlužování životnosti těch stávajících.

Odlehčení vozidel (náhrada materiálů)

Odlehčování může zahrnovat kompromisy mezi vyššími emisemi v materiálovém cyklu a snížením emisí ve fázi používání, zejména pokud je ocel nahrazena primárním hliníkem za účelem snížení hmotnosti vozidla a zlepšení spotřeby paliva nebo dojezdu elektromobilů. Dalším příkladem takového kompromisu je použití kompozitních materiálů nebo kombinace různých materiálů pro odlehčení automobilů, což může v konečném důsledku vést k obtížnější recyklaci. V České republice však existují slibné projekty, například aktivity společnosti Lavaris,[116] která vyvíjí technologie umožňující recyklaci kompozitních materiálů, například recyklaci starých pneumatik.

Downsizing (snížení velikosti vozidel ve vozovém parku)

Současný celosvětový trend směřuje k nákupu větších vozů (rodinné výlety, společenský status atd.), přičemž v současné době jsou velmi populární vozy SUV.[117] Aby tuto poptávku uspokojili, vyrábějí výrobci automobilů více větších vozů a jsou méně motivováni k výrobě menších vozů kvůli nižším maržím. V České republice také nejsou zákazníci motivováni ke koupi menších vozů, protože neexistuje systém výhod pro uživatele s menšími, emisně méně náročnými vozy (na rozdíl od příkladů dobré praxe z jiných evropských zemí, např. z Dánska). Zásadní roli zde hraje stát a jeho opatření, jako je snížená daň pro majitele menších vozů apod.

Intenzivnější využívání vozidel (sdílení jízd, sdílení automobilů)

Sdílení automobilů je v České republice začínající, ale rychle rostoucí trh. Podle údajů České asociace pro sdílení automobilů vzrostla velikost profesionálního vozového parku sdílených automobilů v zemi z 30 v roce 2014 na více než 1 500 do dubna 2022 (od členů asociace).[118] Služby sdílení automobilů jsou prozatím oblíbené především u mladší generace (věková skupina 20–30 let), a to díky flexibilitě využívání (minutové účtování), místu předání a výběru vozidla pro různé účely apod. Vozový park pro sdílení automobilů, stejně jako vozový park pro pronájem nebo operativní leasing, tvoří také nová vozidla splňující nejnovější emisní normy a již i některé elektromobily (např. GreenGo).

Uživatelská základna je především v Praze, ale postupně se rozšiřuje i do dalších krajských měst.[119] Kromě toho peer-to-peer carsharingová platforma HoppyGo (pro soukromé vozy) hlásila k červnu 2022 ve svém systému 2 500 registrovaných vozů.[120]

Nicméně vozový park sdílených automobilů je stále jen nepatrným zlomkem celkového vozového parku 6,1 milionů osobních automobilů v zemi.[106] Jakýkoli budoucí nárůst sdílených vozů může být také ovlivněn existujícími obavami výrobců, že rychlejší opotřebení sdílených vozů může vést k negativnímu vnímání značky zákazníky.

99 | Forging Ahead – A materials roadmap for the zero-carbon car – Circular Car Initiative Papers (Světové ekonomické fórum, prosinec 2020).

100 | Evropské sdružení výrobců automobilů (ACEA), ukazatele výroby účinně využívající zdroje.

101 | Material efficiency and climate change mitigation of passenger vehicles (Paul Wolfram, Qingshi Tu, Niko Heeren, Stefan Pauliuk, Edgar G. Hertwich) (září 2020).

102 | Raising Ambitions: A new roadmap for the automotive circular economy (WEF, prosinec 2020).

103 | Why the automotive future is electric (McKinsey & Company, září 2021).

104 | AutoSAP – Statistiky Sdružení automobilového průmyslu ČR.

105 | https://www.acea.auto/publication/automobile-industry--pocket-guide-2021-2022/

106 | Ročenka dopravy Česká republika 2020 (Ministerstvo dopravy).

107 | Zpráva o udržitelnosti Škoda 2019–2020, s. 55–57.

108 | Poznatky z diskuse pracovní skupiny se zástupci Škody (duben 2022).

109 | AutoSAP – Tisková zpráva ke konferenci CEE Automotive Supply Chain 2021 (říjen 2021).

110 | Zákon o výrobcích s ukončenou životností (prosinec 2020).

111 | Vybrané ukazatele z Informačního systému odpadového hospodářství Modul autovraky (MŽP).

112 | Aktualizace politiky druhotných surovin na období 2019–2022 – analýza materiálových toků (prosinec 2018), kap. 7.

113 | Budoucnost patří recyklaci (Česká automobilová asociace).

114 | Zpráva o udržitelnosti (Škoda Auto).

115 | Strategický rámec pro cirkulární ekonomika – Cirkulární Česko 2040 (listopad 2021), s. 57.

116 | Dostupné z: https://cs.lavaris.eu.

117 | Zpráva o trendech v automobilovém průmyslu v roce 2021 (Agentura pro ochranu životního prostředí USA).

118 | Dostupné z: https://ceskycarsharing.cz/.

119 | Český carsharing hlásí boom. Pandemie ale některé firmy potrápila (Lupa.cz, červen 2021).

120 | Dostupné z: https://hoppygo.com/en/.

4

Přílohy

Obsah

Příloha 1. — 126
Seznam mezinárodních studií podle průmyslových odvětví

Příloha 2. — 130
Zkratky a zkratková slova

Příloha 1.
Seznam mezinárodních studií podle průmyslových odvětví

Následující seznam obsahuje odkazy na vybrané zprávy a analýzy publikované organizacemi, které se zabývají dekarbonizací průmyslu a které se zabývají nebo alespoň do určité míry uznávají roli cirkulární ekonomiky nebo materiálové účinnosti při snižování emisí skleníkových plynů. Seznam zahrnuje položky zveřejněné do konce června 2022. Studie jsou uvedeny v obráceném chronologickém pořadí.

Průmysl (napříč odvětvími)

Achieving Net Zero Heavy Industry Sectors in G7 Members (International Energy Agency, May 2022)

Scaling Up Europe – Bringing Low-CO2 Materials from Demonstration to Industrial Scale (Material Economics, duben 2022)

Mobilising the circular economy for energy-intensive materials (Agora Industry, březen 2022)

Circularity Gap Report 2022 (Circle Economy, únor 2022)

Everything as a Service (XAAS), How Businesses Can Thrive in the Age of Climate Change and Digitalisation (Systemiq, září 2021)

A comprehensive set of global scenarios of housing, mobility, and material efficiency for material cycles and energy systems modelling (Journal of Industrial Ecology, březen 2021)

Resource Efficiency and Climate Change, Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future (International Resource Panel, listopad 2020)

Global scenarios of resource and emission savings from material efficiency in residential buildings and cars (Nature Communications, říjen 2020, vydáno srpen 2021)

Energy Technology Perspectives 2020 (International Energy Agency, září 2020)

Making Mission Possible, Delivering a Net-Zero Economy (Energy Transitions Commission, září 2020)

Saving resources and the climate? A systematic review of the circular economy and its mitigation potential (Environmental Research Letters, srpen 2020, vydáno listopad 2020)

Boosting Circularity: Materials Efficiency and Circularity in the Manufacturing Sector (Energy Transitions Commission, říjen 2019)

Completing the Picture, How the Circular Economy Tackles Climate Change (Ellen MacArthur Foundation, Material Economics, září 2019)

Industrial Transformation 2050, Pathways to Net-Zero Emissions from EU Heavy Industry (Material Economics, duben 2019)

Industrial Transformation 2050, Towards an industrial strategy for a climate-neutral Europe (Institute for European Studies, duben 2019)

Material efficiency in clean energy transitions (International Energy Agency, březen 2019)

Quantifying the benefits of circular economy actions on the decarbonisation of the EU economy (Trinomics, prosinec 2018)

Mission Possible: Reaching net-zero carbon emissions from harder-to-abate sectors (Energy Transitions Commission, listopad 2018)

The Circular Economy, A Powerful Force for Climate Mitigation (Material Economics, červen 2018)

Circular economy potential for climate change mitigation (Deloitte Sustainability, listopad 2016)

Ocel

Technologies to decarbonise the EU steel industry (EU Joint Research Centre, červen 2022)

Moving towards Zero-Emission Steel – Technologies Available, Prospects, Timeline and Costs (Trinomics, for Europe-an Parliament, ITRE Committee, prosinec 2021)

Six-sector specific recommendations for Czechia's Green Transition (Climate & Company, listopad 2021)

Net-Zero Steel Sector Transition Strategy (Mission Possible Partnership, říjen 2021)

Steeling Demand: Mobilising buyers to bring net-zero steel to market before 2030 (Energy Transitions Commission, Material Economics, červenec 2021)

Emission reduction strategies in the EU steel industry, Implications for business model innovation (Journal of Industrial Ecology, duben 2021)

Iron and Steel Technology Roadmap (International Energy Agency, říjen 2020)

Low Carbon Roadmap Pathways to a CO2-Neutral European Steel Industry (EUROFER, listopad 2019)

Mission Possible: Reaching net-zero carbon emissions from harder-to-abate sectors – Sectoral Focus Steel (Energy Transitions Commission, leden 2019)

Cement a beton

RoadMap dekarbonizace českého cementářského průmyslu (Svaz výrobců cementu ČR, červen 2022)

Concrete Future – The GCCA 2050 Cement and Concrete Industry Roadmap for Net Zero Concrete (Global Cement and Concrete Association, říjen 2021)

Decarbonizing the cementitious materials cycle – A whole--systems review of measures to decarbonize the cement supply chain in the UK and European contexts (Journal of Industrial Ecology, únor 2021)

Decarbonisation pathways for the EU cement sector – Technology routes and potential ways forward (New Climate Institute, listopad 2020)

Cementing the European Green Deal – Reaching Climate Neutrality Along the Cement and Concrete Value Chain By 2050 (Cembureau, květen 2020)

Mission Possible: Reaching net-zero carbon emissions from harder-to-abate sectors -Sectoral Focus Cement (Energy Transitions Commission, leden 2019)

Technology Roadmap – Low-Carbon Transition in the Cement Industry (International Energy Agency, duben 2018)

Chemický průmysl a plasty

Towards a Net-Zero Chemical Industry: A Global Policy Landscape for Low-Carbon Emitting Technologies (World Economic Forum, květen 2022)

ReShaping Plastics – Pathways to a Circular, Climate Neutral Plastics System in Europe (Systemiq, duben 2022)

Europe's Missing Plastics (Material Economics, březen 2022)

Implementing Low-Carbon Emitting Technologies in the Chemical Industry: A Way Forward (WEF, listopad 2021)

Chemicals – Tracking Report (International Energy Agency, listopad 2021)

Waste in the Net-Zero Century, Greenhouse Gas Impacts of Mixed Waste Sorting (Eunomia, srpen 2021)

Waste in the Net-Zero Century, How Better Waste Management Practices Can Contribute to Reducing Global Carbon Emissions (Eunomia, květen 2021)

Mission Possible: Reaching net-zero carbon emissions from harder-to-abate sectors – Sectoral Focus Plastics (Energy Transitions Commission, leden 2019)

The Future of Petrochemicals – Towards a more sustainable chemical industry (International Energy Agency, říjen 2018)

Hliník

Closing the Gap for Aluminium Emissions: Technologies to Accelerate Deep Decarbonization of Direct Emissions (Mission Possible Partnership, prosinec 2021)

Aluminium for Climate: Exploring pathways to decarbonize the aluminium industry (World Economic Forum, listopad 2020)

Circular Aluminium Action Plan – A Strategy for Achieving Aluminium's Full Potential for Circular Economy by 2030 (European Aluminium, duben 2020)

Vision 2050, European Aluminium's Contribution to the EU's Mid-Century Low-Carbon Roadmap (European Aluminium, duben 2019)

Výstavba budov

Building renovation: where circular economy and climate meet (European Environment Agency, červenec 2022)

Modelling the Renovation of Buildings in Europe from a Circular Economy and Climate Perspective (Metabolic, červenec 2022)

Towards embodied carbon benchmarks for buildings in Europe (Ramboll, Aalborg University Build, KU Leuven, březen 2022)

The business case for circular buildings: Exploring the economic, environmental and social value (WBCSD, říjen 2021)

Green Building Principles: The Action Plan for Net-Zero Carbon Buildings (World Economic Forum, říjen 2021)

Embodied Carbon – A Hidden Heavyweight for the Climate: How financing and policy can reduce the carbon footprint of building materials and construction (Programme for Energy Efficiency in Buildings (PEEB), říjen 2021)

Decarbonizing construction – Guidance for investors and developers to reduce embodied carbon (WBCSD, červenec 2021)

Net-zero buildings: Where do we stand? (WBCSD, červenec 2021)

Call for action: Seizing the decarbonization opportunity in construction (McKinsey, červenec 2021)

Whole-life embodied carbon in multistorey buildings – steel, concrete and timber structures (Journal of Industrial Ecology, duben 2021)

Zero-carbon buildings 2050 (CE Delft, červen 2020)

The decarbonisation benefits of sectoral circular economy actions (building sector) (Ramboll, Fraunhofer ISI and the Ecologic Institute, únor 2020)

Bringing embodied carbon upfront – Coordinated action for the building and construction sector to tackle embodied carbon (World Green Building Council, září 2019)

Automobilový průmysl

Driving Ambitions: The Business Case for Circular Economy in the Car Industry (WEF, květen 2022)

Paving the Way: EU Policy Action for Automotive Circularity (WEF, červen 2021)

Forging Ahead: A Materials Roadmap for the Zero-Carbon Car (WEF, leden 2021)

Raising Ambitions: A New Roadmap for the Automotive Circular Economy (WEF, prosinec 2020)

Why the Automotive Future is Electric (McKinsey & Company, září 2021)

The Zero-Carbon Car: Abating Material Emissions is Next on the Agenda (McKinsey & Company, září 2020)

Material efficiency and climate change mitigation of passenger vehicles (Journal of Industrial Ecology, září 2020)

0
10
20
30
40
50
60
70
80
mph
90
100
110
120
130
140
150
160

Příloha 2.
Zkratky a zkratková slova

Zkratka	Označení
AMO	Asociace pro mezinárodní záležitosti
SCHP ČR	Svaz chemického průmyslu České republiky
BEV	Bateriové elektrické vozidlo
B2B	Business-to-business
CBAM	Mechanismus úpravy hranic uhlíku
CCU/CCS	Zachytávání a ukládání oxidu uhličitého
CEE	Střední a východní Evropa
CETA	Centrum ekonomických a tržních analýz
CE	Cirkulární ekonomika
CLT	Cross-laminated Timber (CLT desky)
KČ	Česká koruna
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR
MŽP	Ministerstvo životního prostředí ČR
VPEK	Vnitrostátní plán České republiky v oblasti energetiky a klimatu
ČSÚ	Český statistický úřad
DRS	Systém vracení vkladů
DRI	Přímo redukované železo
EOP	Elektrická oblouková pec
EV	Elektrické vozidlo
EMF	Ellen MacArthur Foundation
EEA	Evropská agentura pro životní prostředí
ESVO	Evropské sdružení volného obchodu
EGD	Zelená dohoda pro Evropu
EUMEPS	Evropské sdružení výrobců expandovaného polystyrenu
EU	Evropská unie
EU ETS	Systém Evropské unie pro obchodování s emisemi
EPS	Pěnový polystyren
EPR	Rozšířená odpovědnost výrobce
FCV	Vozidlo s palivovým článkem
GHG	Skleníkové plyny

Zkratka	Označení
HDP	Hrubý domácí produkt
GVA	Hrubá přidaná hodnota
IEEP	Institut pro evropskou politiku životního prostředí
INCIEN	Institut cirkulární ekonomiky
IPPC	Integrovaná prevence a omezování znečištění
ICEV	Vozidlo se spalovacím motorem
IEA	Mezinárodní energetická agentura (International Energy Agency)
IRP	International Resource Panel
LULUCF	Využívání půdy, změny ve využívání půdy a lesnictví
LCA	Analýza životního cyklu
LCV	Lehké užitkové vozidlo
LTS	Dlouhodobý scénář
LED	Nízká poptávka po energii
ME	Material Economics
MEF	Varianta účinnosti materiálu
Mt	Milion tun
CEAP	Akční plán pro cirkulární ekonomiku
OECD	Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj
ODS	Látky poškozující ozonovou vrstvu
PHEV	Plug-in hybridní elektrické vozidlo
PET	Polyethylentereftalát
PVC	Polyvinylchlorid
SSP	Společné socioekonomické cesty
SPS	Scénář stanovených politik
SCM	Scénář udržitelného rozvoje
SVC ČR	Český svaz výrobců cementu
TAČR	Technologická agentura České republiky
UNEP	Program OSN pro životní prostředí
UNFCCC	Rámcová úmluva OSN o změně klimatu
VÚŽ	Vozidlo s ukončenou životností
WEM	Se stávajícími opatřeními

Rádi bychom poděkovali European Climate Foundation za podporu projektu, zároveň naše díky za účast na pracovních skupinách, konzultace, poskytnutí vhledu do problematiky a zpětnou vazbu patří následujícím: Ocelářská Unie, Svaz výrobců cementu, ČEZ, TVAR COM, Česká podnikatelská rada pro udržitelný rozvoj (CBCSD), Lafarge, Skanska, Metrostav, KKCG Real Estate, České vysoké učení technické, Univerzitní centrum energeticky efektivních budov ČVUT v Praze (UCEEB), Jakub Cígler Architects, Karel Goláň (crea-tura), ČKAIT (Česká komora autorizovaných inženýrů a techniků), AZS 98 a ŠKODA AUTO. Interpretace dat, použité zdroje a závěry a doporučení obsažené ve studii jsou výhradní odpovědností INCIEN a nemusí odrážet pohledy výše uvedených organizací a jednotlivců.

Studie
Role cirkulární ekonomiky v dekarbonizaci průmyslu – Iniciování debaty se zástupci českého průmyslu o dodatečných cestách k dosažení uhlíkové neutrality

Vytvořeno
Institut Cirkulární Ekonomiky, z.ú. (INCIEN)
Hybernská 998/4, 110 00 Nové Město
incien.org

Autoři
Benjamin Hague, ben@incien.org
Pavel Zedníček, pavel@incien.org
Tadeáš Rulík, tadeas@incien.org

Grafický design
Jolana Sýkorová

Finanční podpora
European Climate Foundation (ECF), Industry & Innovation Programme

Přestože tuto studii podpořila European Climate Foundation, odpovědnost za informace a názory uvedené ve studii nesou její autoři. European Climate Foundation není zodpovědná za jakékoli použití informací, které jsou v ní obsaženy nebo vyjádřeny.

Doporučené citování
INCIEN (2022): Role cirkulární ekonomiky v dekarbonizaci průmyslu

Verze 1.1, říjen 2022

European Climate Foundation

INCIEN INSTITUT CIRKULÁRNÍ EKONOMIKY

INSTITUT CIRKULÁRNÍ EKONOMIKY

Institut Cirkulární Ekonomiky (INCIEN) © 2022