



EVROPSKÁ UNIE
Evropský fond pro regionální rozvoj
OP Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost



SUSCHEM CZ

Aktualizovaná Cestovní mapa průmyslové modernizace a zavádění pokročilých technologií v chemickém průmyslu ČR



Zpracováno v rámci projektu CZ.01.1.02/0.0/0.0/17_105/0018878 „Technologická platforma pro trvale udržitelnou chemii IV“, přihlášený k podpoře ve výzvě programu OP PIK – Spolupráce – Technologické platformy pro období do 31. 12. 2022.

Lázně Bohdaneč, listopad 2022

Obsah

1. Souhrn.....	3
2. Metodika zpracování CM II.....	3
3. Zásadní změny od zpracování CM I	4
4. Inkrementální inovace a průlomová inovace	5
4.1. Dekarbonizace	5
4.2. Vodíková strategie	13
4.3. Strategie udržitelnosti chemických látek.....	19
4.4. Rafinérsko-petrochemický komplex.....	28
4.5. Cirkulární ekonomika	32
4.6. Pokročilé materiály	39
4.7. Jaderná energetika.....	46
4.8. Chemie 4.0.....	51
4.9. Průmyslová biotechnologie	57
5. Klíčové technologie.....	72
6. Očekávané přínosy a rozsah zapojených zdrojů a schopnost využít další	78
investice do výzkumu a inovací	78
6.1. Očekávané přínosy	78
6.2. Výdaje na výzkum a vývoj.....	79
6.3. Investiční Výdaje na modernizaci stávající výrobní základny chemického průmyslu ČR	
81	
7. Strategie meziodvětvové spolupráce	84
8. Závěry	85
9. Seznam použitých zkratk	86

1. Souhrn

Aktualizovaná Cestovní mapa průmyslové modernizace a zavádění pokročilých technologií v chemickém průmyslu ČR (dále CM) reaguje na zásadní změny vyvolané energetickou krizí v důsledku války na Ukrajině, narušení dosavadních dodavatelsko-odběratelských vztahů, rostoucími problémy se zajištěním surovin a energií, rostoucí inflací a také narůstajícím deficitem státního rozpočtu.

Postupně dochází ke změně energetického mixu. Bohužel ČR nemá takové podmínky k dynamičtějším rozvoji OZE jako některé jiné státy EU. Dynamický rozvoj moderních technologií, elektromobility, tepelných čerpadel a elektrifikace výrazně zvýší spotřebu elektřiny v ČR. Prognózy avizují, že do roku 2030 se ČR změní z vývozce elektřiny na dovozce elektřiny.

Proto je tak důležitý rozvoj jaderné energetiky, na kterém se podílejí někteří členové SUSCHEM CZ (např. vývoj malých modulárních jaderných reaktorů).

Roste naléhavost rozvoje cirkulárního hospodaření, recyklace odpadů, uplatňování principů Chemie 4.0. Rozvoj biotechnologií podporuje biologickou rozmanitost prostřednictvím vytěsnění chemických látek získaných z ropy biologickými alternativami a přírodními směsmi. Vodíková strategie se stala základním pilířem politiky EU k odstranění strategické závislosti na dovozu zemního plynu a ropy z Ruska, ale také součástí dekarbonizace hospodářství. CM odkazuje na rozhodující investiční záměry s dlouhodobým efektem na ekonomiku ČR a zaměstnanost, jako je těžba a výroba lithia, gigafactory na výrobu baterií, modulární jaderné reaktory, postupná modernizace rafinérsko-petrochemického komplexu s cílem dosáhnout do roku 2050 uhlíkové neutrality. Mezi základní pilíře transformace patří pokročilé materiály spolu s nanotechnologiemi, biotechnologiemi a moderními procesy a aparáty. Využitím čtvrté průmyslové revoluce Chemie 4.0 povede nejenom k žádoucím změnám ve výrobní struktuře, ale i v řízení vývoje a výroby, ke změně obchodních modelů, k většímu propojení v rámci dodavatelsko-odběratelských řetězců.

2. Metodika zpracování CM II

Aktualizace CM vychází z CM z roku 2021, Strategické výzkumné agendy V a zejména z vývoje na světových trzích v souvislosti s válkou na Ukrajině, vzniklé energetické krize, rozvoje nebývalé inflace, nebezpečí recese v průmyslu

Energetická krize je existenční hrozbou nejenom pro výrobu kovů v Evropě, ale také pro chemický průmysl, zemědělství, sklářský průmysl a další odvětví.

Kvůli energetické krizi už byla odstavena téměř polovina kapacit pro výrobu hliníku a zinku v EU. Pokles evropské produkce kovů zvyšuje závislost na dovozu ze zahraničí, kde je výroba spojena s vyššími emisemi skleníkových plynů. Dovoz hliníku do Evropy nahrazující pokles lokální výroby už zvýšil letošní produkci oxidu uhličitýho o šest až 12 milionů tun.

Nejenom pandemie Covid 19, ale i současný rozvrat dosavadních dodavatelsko-odběratelských řetězců posílil potřeba zabezpečit lepší bezpečnost EU v oblasti surovin, včetně politického rozhodnutí na odklon od využívání zemního plynu z Ruska má zásadní dopad do dosavadních transformační strategie našich firem. O to náročnější je naplnění jednoho ze základních cílů SusChem CZ – udržitelnosti českého chemického průmyslu. Ve Strategické výzkumné agendě (SVA) V je věnována pozornost výrobním procesům a surovinám chemického průmyslu, které jsou zvláště energeticky a emisně náročné.

Konkrétně jsou zahrnuty alternativní procesy výroby nejdůležitějších základních chemikálií, které tvoří zdaleka největší část emisí chemického průmyslu.

Při používání nových technologií je zásadní, kdy se stanou úspornými ve srovnání s konvenčními procesy. Analýzy jsou založeny na několika předpokladech:

Základní zaměření je spojeno s dekarbonizací, kde elektrifikace chemického průmyslu by přinesla významné snížení produkce emisí vzhledem k tomu, že řada chemických reakcí je prováděna za vysokých teplot a vyžaduje tedy hodně energie. Bohužel současný vývoj cen energií a předpokládaný nedostatek elektřiny v ČR po roce 2030 brzdí možnosti zavedení elektrifikace nejenom v chemickém průmyslu zejména z ekonomických důvodů.

Byla použita metodika známá jako „back-casting“. Konečný stav je stanoven (např. uhlíková neutralita v roce 2050). Snažili jsme se identifikovat hybné síly a navrhnout jejich přeměrování tak, aby bylo dosaženo budoucích cílů. Vycházeli jsme i z prognóz (např. předpokládaného vývoje spotřeby elektřiny nebo plastů), ale zejména z prognóz technologického vývoje v rozhodujících segmentech chemického průmyslu.

Zejména v SVA jsou u nových technologií posuzována i technologická připravenost (TRL) a vliv navrhovaných změn technologií na tvorbu emisí CO₂.

CM řeší nejenom dekarbonizaci, ale také potřebná opatření související se Strategii udržitelnosti chemických látek. S ohledem na mimořádný význam vývoje energetického mixu pro budoucnost českého chemického průmyslu je nově zařazen i obor Jaderné energetiky, na jehož vývoji se podílí řada českých výzkumných organizací, z nichž některé jsou i členy TP SUSCHEM CZ.

Jednotlivé návrhy byly konfrontovány s poznatky z řady odborných i mezinárodních konferencí nebo s odborníky chemického průmyslu.

Situace na světových trzích se dynamicky mění. Zatímco pro období do roku 2030 jsme se mohli opřít o strategie transformace na nízkouhlíkové hospodaření u rozhodujících českých chemických společností, období po roce 2030 není ještě komplexně zmapováno.

3. Zásadní změny od zpracování CM I

Zásadní změnou je vypuknutí války na Ukrajině, které vyústilo v hlubokou energetickou krizi, k prudkému nárůstu inflace, narušení dosavadních dodavatelsko-odběratelských vztahů a k ohrožení řady průmyslových odvětví v ČR včetně chemického průmyslu.

Nejvýznamnějším politickým požadavkem současnosti je eliminovat spotřebu zemního plynu z Ruska, což je finálně a technologicky náročný proces, který zasahuje jak průmysl, zemědělství, tak obyvatele.

Propast mezi příjmy a výdaji rozpočtů se v ČR zvětšuje, hrozí recese a omezování průmyslu, včetně chemického průmyslu. Extrémní nárůst cen energií devastuje výrobu hnojiv, což může následně přinést potravinovou krizi.

Opatření na snížení emisí ohřívajících planetu a na přizpůsobení se globálnímu oteplování zaostávají, což je i jeden z důvodů, proč bude, podle OSN, svět čelit asi 560 katastrofám ročně. Lidé se zahříváním klimatu a ignorováním rizik dostávají do "spirály sebezničení", což uvrhne další miliony lidí do chudoby, říká OSN.

Stále častější a intenzivnější katastrofy v posledních pěti letech zabily nebo postihly více lidí než v předchozím pětiletém období a do roku 2030 by mohly uvrhnout do chudoby dalších 100 milionů lidí. V posledním desetiletí katastrofy stály v průměru asi 170 miliard dolarů ročně, přičemž rozvojové země a jejich nejchudší obyvatelé trpí neúměrně. Po roce 2030 se Země změní. Budou ji stíhat katastrofy a epidemie. Mezivládní panel pro změnu klimatu

podporovaný OSN varuje, že dopady změny klimatu, od veder po sucho a záplavy, budou stále častější a intenzivnější, což poškodí přírodu, lidi i místa, kde žijí. K uvedeným scénářům a předpovědím jsme opatrně rezervovaní.

EU schválila další část balíčku Fit for 55. Navržená opatření mají vést k ještě rychlejší nezávislosti na Rusku a zvýšení energetické účinnosti. S tím přichází směrnice o obnovitelných zdrojích (RED 2) a o energetické účinnosti (EED), které schválili europoslanci. Oba předpisy jsou součástí klimatického balíčku Fit for 55 a reagují také na válku na Ukrajině. Díky pravidlům se má evropský energetický mix obejít bez ruského plynu i bez nadměrné emisní zátěže. Usnadní se také nástup komunitní energetiky nebo syntetických paliv. Obě směrnice podporují vývoj nových technologií a jejich rychlejší zavádění do praxe. To se projevuje například v závazku, aby 5 % nově instalovaných kapacit pro výrobu energie pracovalo s inovativními technologiemi. Hodně se diskutuje i o cestách k zabezpečení energetické soběstačnosti. Přes uvažované změny energetického mixu je zřejmé, že se česká chemie neobejde bez plynu.

4. Inkrementální inovace a průlomová inovace

4.1. Dekarbonizace

Jedná se o globální iniciativu, která firmám pomáhá si stanovit ambiciózní cíle v oblasti snižování emisí v souladu s nejnovějšími vědeckými poznatky. Zaměřuje se na to, aby firmy po celém světě urychlily snížení emisí na polovinu do roku 2030 a dosáhly nulových emisí do roku 2050. Udržování růstu průměrné teploty po celém světě pod hranicí 2 °C je globální cíl vedoucí k zastavení klimatické změny.

Tabulka č.1 Hlavní pilíře k dosažení nulových čistých emisí do roku 2050

Hlavní pilíře k dosažení nulových emisí	Národní aktivity	Globální aktivity
Elektrina s nulovým obsahem uhlíku	OZE, lithium-železo fosfátové FVČ, Vodíková strategie, Skladování energií, Jaderná energetika biometan	Snížení nákladů na obnovitelné energie, masové rozšíření solární fotovoltaiky a větrných turbín, vylepšené technologie skladování energie a rozšířený výzkum a vývoj nových zdrojů energie
Elektrifikace	Infrastruktura pro bateriová elektrická vozidla, Dovybavení budov pro elektrické vytápění a vaření Elektrifikace průmyslu	Globální vyřazení vozidel ICE, celosvětová hromadná výroba bateriových elektrických a vodíkových vozidel
Syntetická paliva	Vývoj technologií pro syntetická paliva	Globální výzkum a vývoj a rozšíření syntetických paliv pro těžká nákladní vozidla, námořní dopravu, letectví, těžký průmysl

Inteligentní síť napájení	Zavedení digitální energetické sítě a internetu věcí (IoT)	Výzkum a vývoj systémů inteligentních sítí podporovaných umělou inteligencí. Podporované systémy inteligentních sítí
Materiálová účinnost	Vývoj chemické recyklace odpadů Vývoj recyklace FVČ a baterií Zavedení oběhového hospodářství a národních systémů odpadového hospodářství	Výzkum a vývoj alternativ k cementu, plastům a dalším znečišťujícím látkám (perzistentní pesticidy)
Vodíková technologie	Levnější elektrolýza (s cílem 250 \$/kW) Levnější vodíkové palivové články a vodíkové nádrže Přeprava vodíku na dlouhé vzdálenosti Průlomová inovace Technologie kapalného organického vodíku (LOHC) Přímá parní elektrolýza při vysoké teplotě (tj. zpětný proces palivového článku). Tento proces také produkuje čistý kyslík (O ₂), který lze použít pro spalování kyslíku k získání CO ₂ ve vysokých koncentracích, čímž se snižují náklady na zachycování uhlíku.	Import vodíku za zahraničí Aplikace v chemickém průmyslu (např. zelený amoniak)
CCU	Vývoj technologií	Uplatnění CO ₂ jako suroviny v petrochemii

Základní požadavky na dosažení cíle uhlíkové neutrality v roce 2050:

- Elektřina s nulovým uhlíkem, založená především na obnovitelné energii.
- Snížení nákladů na obnovitelné zdroje energie, masové rozšíření solární fotovoltaiky a větrných turbín, vylepšené technologie skladování energie a rozšířený výzkum a vývoj nových zdrojů energie.
- Infrastruktura elektrifikace pro bateriová elektrická vozidla, modernizace budov pro elektrické vytápění a vaření
- Globální vyřazování vozidel se spalovacími motory, celosvětová hromadná výroba bateriových elektrických a vodíkových vozidel
- Infrastruktura pro syntetická paliva pro obchod a distribuci syntetických paliv a biorafinací. Globální výzkum a vývoj a rozšíření syntetických paliv pro těžká nákladní vozidla, námořní dopravu, letectví, těžký průmysl Smart Power Grid.

- Zavedení digitální energetické sítě a internetu věcí (IoT). Výzkum a vývoj systémů inteligentních sítí podporovaných umělou inteligencí (AI)
- Materiálová efektivita: Zavedení oběhového hospodářství a národních systémů nakládání s odpady. Výzkum a vývoj alternativ k cementu, plastům a dalším znečišťujícím látkám (perzistentní pesticidy).

Biometan vyráběný v Evropě je v současnosti levnější než zemní plyn. Výrazné zvýšení jeho výroby tak může občanům EU zajistit cenově dostupnou a udržitelnou energii. To však vyžaduje investice ve výši 70 až 80 miliard eur.

ČR je v biometanu zatím čtvrtá v EU. Nespornou výhodou biometanu je, že jde o obnovitelný zdroj energie, který je možné použít a rozvíjet okamžitě. Navíc není závislý na počasí nebo dovozu surovin, protože se vyrábí z lokálních zdrojů bioodpadu a biomasy. V ČR má tento obnovitelný zdroj energie obrovský potenciál, který ale zatím leží nevyužit. Bioplynové stanice mohou pomoci stabilizovat dodávky elektřiny a pomoci ČR zbavit se uhlí. Současná produkce energie z biometanu představuje téměř sedm terawatthodin. Rozvojem sektoru, a především přestavbou současných bioplynových stanic na čištění plynu na biometan můžeme dosáhnout potenciálu výroby biometanu 20 terawatthodin v roce 2030 což představuje 20 % spotřeby zemního plynu Česka v roce 2021. Bioplyn, biometan a syngas mohou tvořit 40 až 50 % spotřeby plynu v ČR v roce 2030.

Plná dekarbonizace komplikovaných a integrovaných průmyslových prostředí vyžaduje integrovaný a vícerozměrný přístup. Všechna možná řešení musí být zvážena a integrována do konkrétní regionální situace v závislosti na místní dostupnosti udržitelných zdrojů a souvisejících nákladech. Identifikujeme tři oblasti potřebných aktivit:

- Snížení poptávky po výrobcích a službách náročných na uhlík
- Zlepšení energetické účinnosti v současných výrobních procesech
- Zavedení dekarbonizačních technologií ve všech sektorech, které lze dále rozdělit mezi čtyři cesty dekarbonizace na straně nabídky: elektrifikace; využití biomasy; využití vodní energie a rozvoj technologií zachycování a dalšího využití uhlíku (např. CCU).

V současnosti neexistují žádná čistě technologická omezení, která by blokovala hlavní cesty dekarbonizace v jakémkoli průmyslovém odvětví. Překážky jsou ekonomické; většinou máme technologie již dnes, ale jsou drahé. Budoucí technologický pokrok může tyto překážky velmi dobře snížit. Vzhledem k této situaci můžeme začít pohledem na poptávku.

Cesta snižování poptávky je neoddelitelně spjata se sociálními otázkami. Díky tomu je snižování poptávky náročné na modelování a řízení s přijatelnou úrovní jistoty. Smysluplného snížení poptávky však lze dosáhnout vyšší účinností materiálů, cirkulací a recyklací. To platí zejména pro plasty a kovy, kde je technologie připravena. Vedení ve spojení se vzděláváním a účinnou politikou může vést k lepší koordinaci napříč hodnotovým řetězcem a zlepšit efektivitu a efektivní využívání plastů a kovů. Recyklace je relativně nízkonákladová příležitost s vysokou odměnou za snížení emisí skleníkových plynů. Opět je to jedna složka v řadě možných opatření ke snížení emisí ze sektoru těžkého průmyslu, zejména v krátkodobém horizontu. Stejně jako u jiných příležitostí, technologie pro recyklaci, opětovné použití a přepracování produktů dnes z velké části existuje. Problémem je, že nové produkty často ekonomicky konkurují recyklovaným materiálům. Například výroba nových Li-ion baterií je v současnosti levnější než regenerace lithia, kobaltu a dalších materiálů z použitých baterií. V případě Li-ion baterií technologický pokrok spojený s rostoucími náklady na suroviny změní ekonomické charakteristiky. Toto je jen jeden příklad toho, jak technologický

pokrok v odvětví kovů snižuje ekonomické překážky recyklace, opětovného použití a přepracování.

Rostoucí světová populace znamená rostoucí poptávku po výrobcích s vysokým obsahem skleníkových plynů, což bude mít dopad na globální spotřebu zdrojů. Zlepšení energetické účinnosti je první linií činnosti (společně s účinností materiálů a snižováním poptávky), která má začít snižovat emise uhlíku v krátkodobém horizontu. To platí i tehdy, když se vyvíjejí a zavádějí technologie dekarbonizace na straně nabídky. Cesta energetické účinnosti je skutečně nejsnáze implementovatelná, protože některé možnosti dekarbonizační technologie nejsou v současné době komerčně připraveny. Pokud jde o energetickou účinnost, technologie dnes existuje a lze ji použít v rozvinutých i rozvojových zemích, což nabízí velký prostor pro zlepšení.

Některá z navrhovaných klíčových řešení pro cesty ke zlepšení energetické účinnosti jsou zejména:

Petrochemie: Energetická účinnost při výrobě monomerů, katalytické krakování nafty, chemická a mechanická recyklace, změna chování poptávky po plastech, používání obnovitelných surovin a ekodesign produktů pro lepší umožnění recyklace. Zelená syntetická paliva jsou použitelná pro sektory, které nejsou snadno elektrifikovatelné. Např. v letectví, pokračuje diskuse o proveditelnosti elektrifikace. Zdá se stále pravděpodobnější, že elektrifikace bude pokrývat lety na krátké vzdálenosti (např. pod 1 hodinu), ale že lety na delší vzdálenosti budou i nadále vyžadovat kapalná paliva s vysokou hustotou energie. Celkově existuje široká škála potenciálních syntetických paliv, včetně vodíku (pro přímé spalování, průmysl nebo použití v palivových článcích), syntetického metanu, syntetického metanolu a syntetických kapalných uhlovodíků. Tato syntetická paliva lze vyrábět pomocí zelené elektřiny a mohou usnadnit oběhové hospodářství zpracováním materiálů z komunálního a zemědělského odpadu na energii. Synergie mezi biorafinací a technologiemi přímého zachycování vzduchu mohou poskytnout CO₂ pro vývoj zeleného syntetického paliva.

Inteligentní energetické sítě. Inteligentní sítě, postavené s přispěním velkých dat, umělé inteligence a internetu věcí, jsou samoregulační systémy, které se mohou přesouvat mezi více zdroji výroby energie a více způsoby využití a poskytovat spolehlivé a nízkonákladové systémové operace navzdory variabilitě obnovitelné energie. Existuje mnoho aspektů inteligentní sítě. Na straně nabídky bude chytrá síť integrovat variabilní obnovitelné zdroje energie z mnoha zdrojů, aby se vyrovnala variabilita výroby elektřiny. Větší propojená síť pokrývající více geografie a více zdrojů proměnlivé obnovitelné energie bude mít obecně nižší variační koeficient výkonu. Různé možnosti skladování, včetně baterií, přečerpávací vodní elektrárny, stlačeného vzduchu a přeměny obnovitelné energie na syntetická paliva, pomohou stabilizovat stranu nabídky. Strana poptávky také prokáže flexibilitu tím, že umožní inteligentním měřičům zapínat a vypínat spotřebu elektřiny uživatelů v závislosti na časových potřebách, naléhavosti a posunech tržních cen, které odrážejí podmínky nabídky a poptávky.

Mnoho relevantních technologií popsaných např. v SVA V ještě není komerčně připraveno. Dále existují technologie snižování emisí, které v současnosti představují nízké technologické riziko, ale čelí významným ekonomickým výzvám. Klasickým příkladem je elektrifikace chemického průmyslu, která je základem pro dosažení cílové uhlíkové neutrality. Zatímco přední němečtí odborníci předpokládají, že technicky zvládnou konstrukci elektricky vyhřívaného krakovacího reaktoru do roku 2035, jeho komerční využití bude záviset na vývoji cen elektřiny, tedy pravděpodobně až po roce 2045.

Dekarbonizace chemického průmyslu ČR 2, 3)

Odvětví chemického průmyslu a odvětví rafinérské výroby v ČR emitují zhruba 5 % emisí oxidu uhličitého (cca 4 700 tis. t/r). Emise jsou tvořeny z 58 % emisemi ze spalování paliv a ze 42 % procesními emisemi. Procesní emise vznikají zčásti při výrobě vodíku potřebného pro výrobu amoniaku a jiných chemických derivátů. Vodík se získává převážně parciální oxidací nebo parním reformingem zbytkových ropných frakcí. Velké množství procesních emisí vzniká při výrobě etylénu. Chemický průmysl je z velké části navázán na zpracování ropy v rafinériích a využití jejich odpadních produktů je tedy logické, neboť při zpracování ropy z chemické podstaty vzniká rozsáhlé spektrum produktů, které nacházejí uplatnění ve všech krocích chemické a rafinérské výroby.

Dekarbonizace tohoto odvětví je velmi komplikovaná, neboť se jedná o širokou škálu specifických procesů s různými vstupními a výstupními surovinami. Situace je specifická také proto, že odvětví řeší kromě snižování emisí skleníkových plynů i mnoho dalších výzev jako je např. Strategie EU pro udržitelnost v oblasti chemických látek, která omezuje produkci mnoha toxických chemických látek a bude nutné hledat alternativy k těmto produktům. Odvětví bude v budoucích letech rovněž silně ovlivněno postupným omezováním prodeje spalovacích automobilů v ČR, neboť současná chemická výroba je v mnoha případech navázána na zpracování ropy a, dojde-li ke snížení spotřeby ropných paliv bude zpracováváno méně ropy což se může negativně projevit i do ekonomiky chemických výrob.

Cílů dekarbonizace lze v chemickém průmyslu obecně dosáhnout za využití několika přístupů:

- Rekonstrukcí stávajících podnikových uhelných elektráren (jiná paliva);
- Použitím alternativních paliv;
- Zefektivnění výrobních procesů (úspora energií);
- Výstavbou fotovoltaických parků jako vlastní zdroj OZE;
- Recyklace plastů;
- CCU
- Elektrifikací současných výrobních procesů.

Tabulka č. 2 Potenciál dekarbonizace chemického průmyslu ČR

	Do roku 2025	2025-2030	2030-2040	2040-2050
Změna struktury podnikové energetiky	Rekonstrukce uhelných elektráren Výstavba fotovoltaických parků	Náhrada používaného vodíku bezemisním vodíkem	Náhrada fosilních paliv vodíkem/ biometanem	CCU v petrochemickém průmyslu

Snížení emisí CO2 V tis t CO2	800-1000	1 540	2699	400-650
Zvýšení spotřeby elektřiny o TWH	snížení	4,95	20	0,25 kW/t zachyceného CO2
Investice v mld Kč	5-6	2--5	16	10

Klíčovým předpokladem úspěšné dekarbonizace chemického odvětví jsou tyto podmínky:

- Dostupnost obnovitelné energie (elektřina, zelený vodík, biometan)
- Cenová přijatelnost obnovitelné energie
- Vybudování potřebné infrastruktury pro vodík, syntetická paliva
- Postupné zavádění technologií CCU, které zajistí zachyt CO₂ a konverzi CO₂ na produkty, pro které je nezbytný uhlík (polymery, karbonáty, uhlovodíkové kapaliny, čpavek apod.)
- Dostatek finančních zdrojů pro poměrně nákladné investice

Vodík je důležitý nástroj pro dekarbonizaci mnoha odvětví hospodářství. Jeho smysl je hlavně v těžkém průmyslu, a to zejména v ocelářství, kde využívání obnovitelných zdrojů energie může být v mnoha případech velmi obtížné. Technologie, na níž je založena elektrolytická výroba vodíku, je v podstatě dostupná. Tyto závody jsou škálovatelné, a proto mohou dosáhnout požadované velikosti jednoduše přidáním modulů. Stále však existují omezení pro jejich zvětšování kvůli omezením velikosti polymerních membrán. V současné době čelí výroba elektrolytického vodíku tvrdé ekonomické konkurenci dobře zavedených procesů jako parciální oxidace těžkých ropných frakcí nebo parní reforming zemního plynu. Zvyšující se cena zemního plynu a ropy však časem obrátí tyto relace.

Transformace energetiky směrem k obnovitelným zdrojům a způsobům, jak mohou optimalizovat výrobu, ukládání energií již probíhá. Velké solární elektrárny na brownfieldech nám pomohou splnit cíle, které si ČR stanovila směrem k uhelnému útlumu, který bychom pouze s instalací malých střešních elektráren nezvládli, Právě bateriová úložiště jsou důležitá pro stabilizaci energetiky.

Chystají se i velké solární parky financované hlavně z Modernizačního fondu. Modernizační fond bude v programu na podporu obnovitelných zdrojů financovat také akumulaci energie všech druhů, tj. nejen bateriových systémů, ale také např. výrobu zeleného vodíku pro sezónní akumulaci. Jen ČEZ chce do roku 2030 postavit 6 tisíc MW solárního výkonu, Sev.En oznámil start pěti projektů o výkonu 130 MW, další projekty plánuje skupina SUAS, Pražská energetika a řada dalších. Díky úspěšným žádostem o podporu z Modernizačního fondu skupina Solar Global zahájila stavbu dvou nových pozemních fotovoltaických elektráren na nezemědělských pozemcích na Prostějovsku. Instalovaný výkon dosáhne skoro dvou megawattů. V Tachově vyroste největší střešní solární elektrárna, která zákazníkům dodá levnou energii s dlouhodobou fixací. Na ploše 220 tisíc metrů čtverečních budou umístěny solární panely HT-SAAE 550-600 Wp o celkovém výkonu pět megawattů. Ročně vyprodukují více než 5 tisíc megawatthodin čisté energie. Součástí projektu bude i bateriové úložiště o kapacitě tři megawatthodin.

Pokud by byla dostupná zelená energie v požadovaném množství, bylo by možné za velmi vysokých investičních nákladů přebudovat výrobu z fosilních paliv na OZE a obnovitelný plyn. V současnosti ale nemůžou plány firem být v tomto ohledu příliš konkrétní, dokud není znám budoucí energetický mix a množství obnovitelné energie, které bude moci být využito pro dekarbonizaci průmyslu.

Vzhledem k plánovanému ukončení prodeje automobilů se spalovacími motory lze předpokládat, že dojde k útlumu spotřeby ropných paliv, ačkoliv v nejbližších 10-20 letech bude spotřeba ropných paliv pravděpodobně stagnovat. Důvodem bude stále rostoucí počet vozidel a dostupnost ojetých vozidel se spalovacími motory. V delším horizontu pak pravděpodobně dojde k útlumu spotřeby ropy a tím i k omezení rafinérské výroby. Pro odvětví chemického a rafinérského průmyslu to bude znamenat existenční hrozbu ale také výzvy pro aplikaci nových technologií a oborů jako je např. výroba materiálů s využitím zachyceného CO₂ (např. z výroby stavebních hmot), výroba zeleného vodíku z přebytků elektrické energie a jeho využití v chemickém průmyslu, vývoj technologií pro recyklaci plastů a další. Tato transformace ale musí být finančně podpořena v první řadě podporou výzkumných a vývojových aktivit a v další fázi i investiční podporou, aby si český nejen chemický průmysl udržel svoji v současnosti poměrně silnou pozici v rámci české ekonomiky. Evropská komise se kvůli dosažení cíle dohodla s předními představiteli průmyslu, kteří se zavázali k přechodu na zelenou energii a na konci září 2022 oznámila vznik Biomethane Industrial Partnership. Jde o součást plánu REPowerEU. Dílčím cílem plánu je zvýšit produkci a využití biometanu do roku 2030 na 35 miliard m³ a více než 100 miliard kubíků bioplynu do roku 2050. Tyto velmi ambiciózní cíle mají zajistit více než 20 procent současného dovozu plynu z Ruska a do roku 2050 se potom tento potenciál může pokrýt tak 30 až 50 procent budoucí poptávky po plynu v EU. **4)**

Elektrifikace současných výrobních procesů 5)

Zhruba 63 % emisí CO₂ spojených s chemickým průmyslem, je spojeno s využitím fosilních paliv v energeticky náročných výrobních procesech. Elektrifikace výrobních procesů by tedy významně přispěla k redukci emisí, za předpokladu, že spotřebovaná elektrická energie bude pocházet z obnovitelných zdrojů energie. Zároveň ale dojde k nárůstu spotřeby energie, potřebné pro výrobu tepla, která bývá v současnosti vyráběna vysoce efektivní kogenerací (teplo vznikající při výrobě potřebné elektrické energie) a je dále využíváno.

Využití inovativních technologií 6)

V současnosti se k výrobě chemických produktů využívá zejména pyrolýza v parních krakovacích jednotkách. Parní krakovací jednotky konvertují uhlovodíkové vstupní suroviny (primární benzín a etan) na olefiny (ethylen a propylén) – hlavní vstupní suroviny pro výrobu v chemickém průmyslu. S ohledem na vysokou energetickou náročnost a vysoké objemy produkce, lze inovativní technologické řešení výroby olefinů považovat za technologie s nejvyšší potenciálním vlivem na redukci emisí CO₂.

Výroba olefinů v katalytických krakovacích jednotkách může vést k snížení energetické náročnosti výroby o 10–20 % Technologie ve fázi demonstrace potvrzují snížení energetické náročnosti výroby na spodní hranici uvedeného odhadu (pokles na 10-11 GJ energie na výrobu tuny chemických výrobků s vysokou hodnotou v srovnání s 12 GJ v případě parních krakovacích jednotek. Pokud bychom vyráběly olefiny ze „zeleného metanolu“ bylo by možné dosáhnout snížení emisí CO₂.

Jako další inovativní technologie lze uvést výrobu alternativních syntetických paliv (viz kap. 4.4) a především technologie zachycování a uskladnění CO₂ CCUS a CCU. Technologie CCU se v chemickém, podobně jako v ocelářském a cementářském segmentu, jeví jako klíčová technologie k dosažení net-zero emisí do roku 2050. V případě chemického průmyslu se uvažuje zejména nad využitím CCU technologií, tedy zachycení a následným využitím zachyceného CO₂ k výrobě dalších produktů. Jedná se zejména o zachycení a následné středně až dlouhodobé uložení CO₂ do izolačního materiálu na stavby nebo plastu využívaného při výstavbě silničních komunikací. V případě, že dojde k transformaci zachyceného CO₂ a jeho využití k výrobě tzv. zeleného metanolu, lze očekávat využití v energeticky náročných odvětvích, kde elektrifikace za využití obnovitelných zdrojů elektřiny není komerčně výhodná.

Recyklace plastů

Materiálová recyklace výrobků z plastů a kaučuků (mechanická a chemická recyklace) může výrazně přispět k redukci emisí CO₂. Recyklace plastů je energeticky (a tudíž i emisně) méně náročná než výroba nových plastů a recyklace také zabraňuje spalování plastů na konci jejich životnosti, procesu náročného na produkci emisí.

Mnoho relevantních technologií popsaných např. v SVA V 7) ještě není komerčně připraveno. Dále existují technologie snižování emisí, které v současnosti představují nízké technologické riziko, ale čelí významným ekonomickým výzvám. Klasickým příkladem je elektrifikace chemického průmyslu, která je základem pro dosažení cílové uhlíkové neutrality. Zatímco přední němečtí odborníci předpokládají, že technicky zvládnou konstrukci elektricky vyhřívaného krakovacího reaktoru do roku 2035, jeho komerční využití bude záviset na vývoji cen elektřiny. tedy pravděpodobně až po roce 2045).

Hlavní úkoly chemické VaV při dekarbonizaci je vývoj pokročilých materiálů pro účinnější fotovoltaické články, baterie, superkondenzátory a palivové články, jak to podrobně rozebíráme v SVA 5 v kapitole 5.1. Další oblastí jsou technologie využití CO₂ jako chemické suroviny (CCU) a podíl na vývoji malých jaderných reaktorů. Nemůžeme pominout ani významný příspěvek biotechnologií, který je komentován v kapitole 4.9. Průmyslové procesy založené na vodíku vyžadují také další rozvoj (viz kap.4.2) Většina technologií CCSU je v rané fázi komercializace.

Ve Studii dopadu balíčku Fit for 55 na hospodářství ČR zpracované firmou Deloitte v roce 2022 **8)** byly mezi identifikovány jako nejohroženější odvětví:

- NACE 19 Výroba koksů a rafinovaných ropných produktů
- NACE 20 Výroba chemických látek a chemických přípravků

Je to dáno vysokou energetickou náročností oboru a vysokou potřebou investic zejména po roce 2030.

V této studii je odhadnut potenciál CCS v chemickém průmyslu ve snížení emisí odvětví na 25 % do roku 2050 (oproti hodnotám roku 2018) s poukazem na skutečnost, že chybí infrastruktura pro dopravu a následné zpracování zachyceného CO₂. Výpočet emisí z chemického a rafinářského průmyslu vychází ze současné situace, kdy emise jsou cca 4,7 mil. t CO₂.

Zdroje:

1. Rod A., Peterka P. a Fanta M. Studie proveditelnosti a dopadu Zelené dohody pro Evropu a dekarbonizace průmyslu do chemického sektoru s akcentem na zaměstnanost, SCHP ČR, 23. 2. 2021 / PUBLIKACE
2. Lederer J. OMEZOVÁNÍ EMISÍ CO₂ PŘI VÝROBĚ PALIV A PETROCHEMIKÁLÍ Kralupy, 6. 2018
3. Roadmap 2050 <https://www.roadmap2050.eu/project/roadmap-2050>
4. Novák O. Biometan může pokrýt až polovinu evropské spotřeby plynu, <https://www.obnovitelne.cz/clanek/2157/> 7.10.2022
5. Roadmap Chemie 2050, Eine Studie von DECHEMA und Future Camp für den VCI. 2019
6. Roadmap 2050, Dept. of Production Engineering, www.roadmap2050.eu
7. Strategická výzkumná agenda SUSCHEM CZ 2021
8. Studie dopadů balíčku Fit for 55 na hospodářství ČR Deloitte 2022

4.2. Vodíková strategie

Vodík je produkt budoucnosti, významný nositel energie, je součástí dekarbonizace hospodářství. Téměř neomezeným zdrojem vodíku na Zemi je voda, ale také další zdroje jako biomasa, zemní plyn, plastové odpady a další.

V ČR je rozvoj v oblasti vodíku popsán Vodíkovou strategií ČR, schválenou vládou ČR. **1)** Tato strategie předpokládá, že v první fázi bude vodík používán především v dopravě (hlavně nákladní a železniční), následně v energetice, v hutnickém průmyslu a až pak v chemickém průmyslu. Ten však bude potřebovat velké množství vodíku k realizaci technologií CCU.

Aktivity v rámci této strategie jsou koordinovány Národní radou pro vodík při MPO, kromě ní existuje velmi aktivní Česká vodíková technologická platforma, která vypracovala řadu klíčových dokumentů. **2)**

V ČR jsou současné kapacity výroby vodíku cca 100 650 t vodíku/rok, zcela dominantním výrobcem a spotřebitelem je chemický průmysl. Převládajícími výrobními metodami jsou parciální oxidace těžkých ropných frakcí (Partial Oxidation – POX), parní reforming zemního plynu (Steam Methane Reforming – SMR) a elektrolýza. Pokud použijeme k elektrolýze elektrickou energii ze sítě, má pro ČR takto vzniklý vodík uhlíkovou stopu 176 g CO₂ / MJ, což je výrazně více než při výrobě pomocí parního reformingu zemního plynu. Průměrná emisní stopa vodíku vyrobeného v ČR je v současné době 116 g CO₂/MJ.

Vodíková strategie ČR předpokládá dosažení tuzemské výroby nízkouhlíkového vodíku v roce 2030 ve výši 101 tis tun/rok, v roce 2035 pak již 235 tis t/r. Objem výroby nízkouhlíkového vodíku v ČR má svůj limit, který bude záviset na efektivnosti technologií výroby a dostupnosti obnovitelných zdrojů elektrické energie a bioplynu. Veškeré další požadavky budou muset být uspokojeny dovozem nízkouhlíkového vodíku ze zahraničí. Do roku 2035 nebude pravděpodobně možné využít stávající potrubní infrastrukturu k dovozu vodíku. Ostatní způsoby dopravy vodíku na velké vzdálenosti nejsou zatím příliš efektivní, proto hlavním zdrojem nízkouhlíkového vodíku bude do roku 2035 lokální výroba a cílová čísla odpovídají prognóze spotřeby. Prognóza výroby pro další období bude aktualizována v závislosti na

připravenosti přepravní infrastruktury a dostupnosti nízkouhlíkového vodíku v zahraničí. ČR bude muset výhledově nízkooemisní vodík pravděpodobně dovážet.

Strategickým cílem iniciativy Fit for 55 je dosáhnout 50% podíl spotřeby vodíku v průmyslu.

Komplexně vodíkovou strategii rozebíráme v SVA 5 v kapitole 5.1. c) včetně různých surovinových a technologických variant (např. bioplyn/biometan, biomasa, metan, plastové odpady) a návrhů námětů pro výzkum v rámci české VaV. Přínosy obnovitelných zdrojů k výrobě vodíku a efektivita výroby nikdy nemohou být na stejné úrovni jako v severských přímořských zemích nebo v zemích, které leží blíže rovníku kvůli přírodním podmínkám České republiky. Mimo využití sluneční a větrné energie jsou proto hledány i oblasti, kde nebudeme limitováni přírodními podmínkami. **3)**

Strategickým cílem iniciativy Fit for 55 je dosáhnout 50% podíl spotřeby vodíku v průmyslu.

Tabulka č.3. Nové plánované zdroje vodíku v ČR **4)**

Společnost, lokalita	kapacita (t/rok)	Původ vodíku	Způsob výroby
ČEZ, Mělník	164,25	Šedý (?)	Elektrolýza
Innogy	80,3	Zelený	Elektrolýza
C-Energy	4590	Modrý	Parní reforming + PCC
Město Ostrava	360	Zelený	Elektrolýza
Distributor Technických plynů	250	šedý	Parní reforming ZP
Skupina Solar Global Napajedla	100 kg vodíku/den	zelený	Elektrolýza elektrolyzér s polymerní elektrolytovou membránou (PEM) o jmenovitém výkonu 225 kilowattů

Rozvoj vodíkové strategie vedle nových investic podporovaných Evropskou aliancí pro čistý vodík a zdrojů pro strategické evropské investice v rámci programu InvestEU vyžaduje i úpravy stávající legislativy a různých předpisů. Zásadní je rozvinout efektivní mezinárodní spolupráci v rámci EU při budování společného trhu s energiemi. V ČR významně podporuje rozvoj výstavby nových obnovitelných zdrojů Modernizační fond a Operačního programu Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost. Vývoj velkokapacitních elektrolyzérů je podporován v rámci Horizon Europe.

Vodíková strategie ČR předpokládá, že vodíkovou mobilitu bude třeba dotovat min do roku 2030.

Evropská komise zveřejnila výzvu k předkládání návrhů na výstavbu elektrolyzérů s výkonem 100 MW a zelených letišť a přístavů jako součást Zelené dohody pro Evropu v rámci programu Horizon 2020. toto představuje konkrétní příklad konkrétní podpory vodíkových hodnotových řetězců.

Tabulka č. 4 Hlavní aktivity pro dosažení cílů Vodíkové strategie ČR

	2021–2025	2026-2030	2030-2050
--	-----------	-----------	-----------

zdroje	Budování fotovoltaických elektráren První české vodíkové údolí v Ústeckém kraji	Rozvoj elektrolytické výroby vodíku o velké kapacitě	Dovoz vodíku ze zahraničí
technologie	Pyrolýzní rozklad organického odpadu Pyrolýza metanu Plazmové zplyňování organického odpadu Výroba vodíku pomocí elektrického proudu a tepla z jaderných elektráren. Vývoj solární thermochemické výroby vodíku,	Přípravě výstavby nových jaderných zdrojů, včetně malých modulárních reaktorů Propojení OZE s vysokoteplotní elektrolýzou/palivovým článkem konkurenceschopná ko-elektrolýza oxidu uhličitého a vody, získávání syntézního plynu a jeho následné zpracování na hodnotné chemické látky (např. plynná a kapalná paliva) Snížení nákladů pro metanizační jednotky a jejich instalace ve středně velkých podnicích, Distribuovaná výroba biometanu	Využití zeleného vodíku ve výrobě syntetických paliv Výroba nízkoemisního vodíku z OZE, využitím technologií reverzibilní alkalické elektrolýzy / palivového článku, využití reverzibilní PEM elektrolýzy / palivového článku Využití inovativních konceptů jaderných reaktorů (např. Generace IV) a jejich spojení s vodíkovými technologiemi Mělnická vodíková elektrárna
Distribuce	Budována lokálních distribučních míst Testování přimíchávání vodíku do plynárenské soustavy Rozvoj dopravních prostředků poháněných vodíkem	Příprava vodíkových plynovodů Vodíkovody 28 tisíc km	Výstavba a repurposing vodíkových plynovodů Vodíkovody 53 tis km do roku 2040

Vodíkové technologie patří ke špičkovým zařízením, jejichž výroba vyžaduje rozsáhlý a nákladný výzkum, vývoj a inovace. Vývoj těchto technologií je možný jen v případě, že budeme mít rozvinout výzkumnou a vývojovou základnu. Je nutné efektivně propojit práci výzkumných organizací, vysokých škol a výrobních podniků. Výroba, využití, doprava a skladování vodíku vyžadují využití nových technologií. Ačkoliv základní technologie pro výrobu a využití vodíku jsou známé, jde o technologie, které jsou relativně drahé. Očekává se, že investice vložené do dalšího vývoje a výzkumu přinesou snížení ceny těchto technologií. Pokud má být naplněn strategický cíl podpora ekonomického růstu, je třeba zajistit, aby výroba těchto technologií probíhala i v ČR a aby nahradila výroby spojené s

využitím fosilních paliv. Je to proces na poměrně dlouhou dobu, investičně velmi náročný, vyžadující širokou mezinárodní spolupráci. Výhodou ČR je její stále vysoká míra industrializace a dobrá úroveň technického školství, což vytváří předpoklady pro rozvoj v mnoha oblastech, kterých se vodíkové technologie dotknou. Hlavním zadáním pro vývoj je snížit cenu elektrolyzérů a zvýšení účinnosti elektrolýzy. Jedním z příkladů je snížení nákladů na elektrolýzu použitím nového katalyzátoru od americké firmy 3M. Práškový katalyzátor s nanostrukturou s podporou iridia byl představen v září 2022. Tento katalyzátor je stále v počáteční fázi komercializace.

Nízkouhlíkový vodík je dražší než standardně používaný vodík. V současné době nejsou provozovatelé OZE motivováni k výrobě vodíku, protože mají možnost dodat všechnu vyrobenou elektrickou energii do distribuční sítě za víceméně tržní cenu. Vodíková strategie ČR předpokládá, že vodíkovou mobilitu bude třeba dotovat min do roku 2030.

Americká organizace Rocky Mountain Institute uvedla, že zelený vodík dovážený do Evropy bude v roce 2024 levnější než všechny druhy vodíku vyráběného na evropském kontinentu. Předpokládají, že cena dováženého zeleného vodíku se bude v roce 2024 pohybovat kolem 3,75 USD/kg a do roku 2030 se sníží na 2 USD/kg. Podle jejich prognózy by se cena vodíku z obnovitelných zdrojů vyráběného v tuzemsku do roku 2030 rovněž snížila přibližně na tuto úroveň, ale na počátku by nebyla ještě konkurenceschopná s dováženým vodíkem a v roce 2024 by stála přibližně 4 USD/kg. Negativně zde působí vysoká cena plynu a elektřiny.

Jako potenciální dodavatele s nejnižšími náklady do EU v krátkodobém až střednědobém horizontu jsou uvažovány Maroko, Saúdskou Arábii, USA, Chile, Brazílii a Austrálii. Podle Centra pro ropná studia Saudské Arábie by se mohl modrý vodík vyrábět v Saúdské Arábii za 1,34 USD/kg, což je jen o 0,44 USD/kg více než šedý vodík a mnohem méně než ekvivalentní cena zeleného vodíku ve výši 2,16 USD/kg. Očekává se, že do roku 2030 se cena obnovitelného vodíku sníží na 1,48 USD/kg a cena modrého vodíku na 1,13 USD/kg.

Vodíková strategie se stala základním pilířem politiky EU k odstranění strategické závislosti na dovozu zemního plynu z Ruska, ale také součástí dekarbonizace hospodářství. V podmínkách ČR, kde je doposud malý podíl spaloven odpadu a velmi nízká míra jeho energetického využití, může sehrát svou roli také vodík jako jeden z produktů pyrolýzních rozkladu odpadu s obsahem uhlovodíků. Zde však zatím technologie naráží jednak na čistotu koncového produktu a jednak na množství dalších odpadních látek, které tato výroba generuje. Sdílíme pozici Svazu chemického průmyslu ČR, který upřednostňuje podporu (materiálové) chemické recyklace odpadu (zejména plastového, ale i komunálního) před podporou výstavby zařízení na energetické využití odpadu.

Široká síť lokálních biostanic je využívána spíše lokálně, obvykle s vyvedením elektrické energie do distribuční sítě, ale pouze s částečným využitím vyrobeného tepla. Nedávné sabotáže na plynovodech Nord Stream ještě více komplikují situaci se zemním plynem. Atributem dnešních dnů tak jsou úspory elektřiny, tepla a plynu. 5)

EU založila Evropskou vodíkovou banku, která disponuje s 3 miliardami eur, aby pomohla vybudovat budoucí trh s vodíkem. „Potřebujeme posunout naši vodíkovou ekonomiku,“ řekla při této příležitosti předsedkyně Ursula von der Leyenová. Tento krok je součástí programu REPowerEU, kterým Evropská komise reaguje na narušení globálního trhu s energií způsobené ruskou invází na Ukrajinu. EU chce do roku 2030 vyrábět 10 milionů tun obnovitelného vodíku ročně. A k tomu přistupuje dovoz, rovněž v objemu 10 milionů tun ročně, takže by vodík mohl nahradit zemní plyn, uhlí a ropu. V Evropě se očekává, že do roku

2030 bude na silnicích kolem 100 000 vodíkových kamionů plus 1 500 vodíkových čerpacích stanic. K dosažení tohoto cíle spojilo své síly 62 společností, včetně výrobců nákladních vozidel, jejich dodavatelů, dodavatelů energie a logistických společností. Velké nádrže umožňují dlouhé dojezdy na jedno naplnění. Kromě toho je účinnost kolem 60 % (spalovací motor: 30 %) poměrně vysoká a při procesu nevznikají (kromě vody) žádné emise. Palivové články jsou poměrně složité, náročné na čistotu dodávaného vodíku, obtížně provozovatelné při silných mrazech a v současnosti stále poměrně drahé.

Automobilky pracují na bezpečnějším řešení, kdy vodík pohání spalovací motor. Tímto způsobem by bylo možné využít stávající struktury a výrazně snížit výrobní náklady. Spalovací motory lze celkem snadno předělat a zvládnou nesrovnatelně nižší kvalitu vodíku než palivový článek. Účinnost je však nižší než u palivového článku; navíc dochází k určitým, byť minimálním emisím ze spálených maziv. Ty by však mohly být zcela odfiltrovány v rámci dodatečné úpravy výfukových plynů. Řada světových výrobců nákladních automobilů intenzivně pracuje na vývoji motorů pro využití vodíku. Některé firmy sázejí na vodíkové spalovací motory, jiné na pohonech na palivových článcích. Předpokládá se zavedení do komerce v letech 2023-2025. Dalším problémem jsou emise oxidů dusíku, které vznikají nechtěným spalováním vzdušného dusíku.

Mezinárodní energetická agentura (IEA) predikuje, že Evropská unie o polovinu nesplní svůj cíl pro zelený vodík pro rok 2030. K cíli 80 GW instalovaného výkonu se EU zavázala v rámci programu REPowerEU. **6)**

IEA předpokládá v roce 2030 dle svých výpočtů instalovaný výkon zařízení na výrobu zeleného vodíku ve výši 39 GW, zatímco plán EU zveřejněný na začátku tohoto roku stanovil cíl 80 GW.

Evropská unie se dle agentury IEA přibližuje k dosažení cíle 44 GW, který byl nastíněn v plánu Evropské komise Fit for 55 zveřejněném v roce 2021. Jak ale IEA konstatuje, k "dosažení ambicióznější úrovně vyžaduje další pokrok v oblasti zvyšování instalovaného výkonu elektrolyzérů". Agentura se sídlem v Paříži to uvedla ve svém každoročním globálním přehledu o vodíku. **7)**

Podle IEA bude v roce 2022 třetina celosvětového instalovaného výkonu elektrolyzérů pro výrobu nízkouhlíkového vodíku umístěna v Evropě, čímž zaujme druhou pozici na světě hned po Číně. Dále ale IEA nepredikuje velký růst a očekává, že tento podíl zůstane na stejné úrovni do roku 2030.

Globální instalovaný výkon elektrolyzérů odhaduje IEA pro rok 2022 na úrovni 1,4 GW, což je téměř trojnásobek úrovně z roku 2021. Na základě současných plánů by se mohl do roku 2030 vyšplhat až na 134 GW. Hodnotící zpráva agentury z roku 2021 přitom odhadovala pouhých 54 GW. Klíčový význam pro očekávaný nárůst instalovaného výkonu elektrolyzérů má podle zprávy IEA komerční prodej technologie. Poptávka po vodíku se vrátila na úroveň před pandemií a v roce 2021 dosáhla 94 milionů tun oproti 91 milionům tunám v roce 2019. Podle odhadů IEA by poptávka mohla do roku 2030 dosáhnout 115 milionů tun. To ale znamená méně než 130 milionů tun, které jsou predikovány jako potřebné ke splnění stávajících globálních klimatických závazků. Aby bylo možné dosáhnout nulových čistých emisí do roku 2050, poptávka by musela do roku 2030 dle IEA dosáhnout až 200 milionů tun. Zpráva dále zmiňuje, že investiční náklady na elektrolyzéry by mohly do roku 2030 klesnout o 70 %. To by v kombinaci s očekávaným poklesem nákladů na elektřinu produkovanou obnovitelnými zdroji energie mělo teoreticky vést k tomu, že náklady na zelený vodík by se pohybovaly v rozmezí 1,3-4,5 USD/kg. To odpovídá 39-135 USD/MWh, uvádí IEA. Na této cenové hladině by se obnovitelný vodík stal konkurenceschopným vůči vodíku z fosilních

paliv. Výrobci používající v současnosti nejčistší metodu získávání vodíku elektrolýzou, při níž se na každý kilogram vodíku uvolní 0,45 kg oxidu uhličitého. Při použití PEM elektrolýzy stačí vyrobený vodík vysušit, další čištění není obvykle nutné a vodík je plně využitelný ve všech druzích palivových článků.

Česká VaV se již řadu let zabývá vývojem různých moderních technologií v oblasti vodíku, včetně zapojení do mezinárodních projektů. (např. VŠCHT Praha, ÚJV Řež, SPOLCHEMIE, C-Energy,)

Vodíková strategie se stala součástí strategií transformace velkých podniků (Orlen Unipetrol, SPOLCHEMIE, ČEZ). S vodíkem coby nosičem energie se tedy evidentně do budoucna počítá. Například energetická společnost ČEZ předpokládá, že loni odstavený blok III mělnické elektrárny bude vyrábět teplo právě z vodíku. Nejdříve jako příměs zemního plynu, později ale už čistě z vodíku. To by mělo být do roku 2035. Už v roce 2009 byl v Neratovicích na Mělnicku experimentálně uveden do provozu vodíkový autobus, který několik let bezproblémově fungoval jako příměstská linka.

Dalším příkladem zapojení českých firem do realizace Vodíkové strategie je Česká strojírenská firma 2 JCP z Račic u Štětí na Litoměřicku, která podepsala kontrakt s německým koncernem Siemens Energy na dodávku tří průmyslových elektrolyzérů, tedy zařízení pro výrobu zeleného vodíku. Elektrolyzéry by měly račický závod opustit v příštím roce. Zařízení dokáže produkovat až 300 kilogramů zeleného vodíku za hodinu. Firma si od kontraktu slibuje zahájení sériové výroby. Stali se tak strategickým dodavatelem Siemensu a v horizontu dvou až tří let by pro ně mohli začít sériově vyrábět až 50 takových zařízení, což představuje potenciál zhruba dvou miliard korun ročně.

Vodík se stává konkurenceschopným v silniční dopravě. **8)** Na jeden kilogram vodíku lze ujet stejně jako na čtyři a půl kilogramu nafty. Při ceně vodíku (cca 250 Kč/kg) a motorové nafty (42 Kč/l, tj. 50 Kč/kg) jsou provozní náklady u obou paliv srovnatelné. Problém je ale přeprava vodíku, více, nebo méně efektivních možností existuje mnoho (cisternová přeprava stlačeného, nebo zkapalněného vodíku, přeprava hydridů, vratná konverze vodíku na chemické látky, potrubní přeprava vodíku...). Jednou z možností je výroba amoniaku, který by se vozil v lodích a v cíli se zase rozložil. Podobnou možností je in-situ rozklad amoniaku na vodík přímo ve vozidlech (zatím existuje prototypově u traktorů). Takového řešení bychom se mohli dočkat někdy v letech 2030 až 2040. Plány na jeho přepravu po Evropě jsou už ale také na stole. Iniciativa Evropská vodíková páteř (Europan Hydrogen Backbone), kterou tvoří provozovatelé přepravních soustav plynu, předpokládá, že do roku 2030 by vzniklo 28 tisíc kilometrů „vodíkovodů“. Do roku 2040 pak 53 tisíc kilometrů. Šedesát procent tohoto potrubí by byly nyníjší plynovody, zbytek nové potrubí.

Vodík již dnes není jen záležitostí výzkumu, ale především aktivitami velkých investorů

Zdroje:

1. Vodíková strategie ČR schválená vládou ČR, <https://www.mpo.cz/cz/prumysl/strategicke-projekty/vodikova-strategie-cr-schvalena-vladou--262590/>, 26.7.2021
2. Technologický foresight a implementační akční plán využití vodíkových technologií v energetice a průmyslu ČR, Česká vodíková technologická platforma, <https://www.hytep.cz/platforma/dokumenty-ke-stazeni>, 24.7.2020
3. Strategická výzkumná agenda 5 SUSCHEM CZ, www.suschem.cz, listopad 2022

4. Návrh SCHP ČR koncepce Vodíkové strategie, SCHP ČR, únor 2021
5. Roadmap Chemie 2050, Eine Studie von DECHEMA und Future Camp für den VCI, <https://www.vci.de/services/publikationen/broschueren-faltblaetter/vci-dechema-futurecamp-studie-roadmap-2050-treibhausgasneutralitaet-chemieindustrie-deutschland-langfassung.jsp2019>
6. <https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019..>
7. Global Hydrogen Review 2022 Global Hydrogen Review 2022 (windows.net)
8. https://www.denik.cz/energie/vodik-energie-vodikovody-20230923.html?utm_source=www.seznam.cz&utm_medium=sekce-z-internetu#dop_ab_variant=0&dop_source_zone_name=hpfeed.sznhp.box

4.3. Strategie udržitelnosti chemických látek

Evropská komise přijala Strategii EU pro udržitelnost chemických látek, která je součástí Zelené dohody pro Evropu a měla by přispět k přechodu na nulové znečišťování životního prostředí a omezování toxických látek. **1)**

Očekává se, že celosvětová produkce chemikálií se do roku 2030 zdvojnásobí. Zvýší se také již tak rozšířené používání chemikálií, včetně spotřebního zboží.

Chemikálie jsou také stavebními kameny nízkouhlíkových technologií, materiálů a produktů s nulovým znečištěním a energeticky a zdrojově efektivních technologií. Zvýšené investice a inovační kapacita chemického průmyslu k poskytování bezpečných a udržitelných chemikálií bude zásadní pro nabídku nových řešení a podporu jak zelené, tak digitální transformace ekonomiky a společnosti. Chemikálie s nebezpečnými vlastnostmi mohou zároveň poškodit lidské zdraví a životní prostředí. I když ne všechny nebezpečné chemické látky vyvolávají stejné obavy, některé chemické látky způsobují rakovinu, ovlivňují imunitní, respirační, endokrinní, reprodukční a kardiovaskulární systém, oslabují lidskou odolnost a schopnost reagovat na vakcíny a zvyšují zranitelnost vůči nemocem.

Nové chemikálie a materiály musí být ze své podstaty bezpečné a udržitelné, od výroby až do konce životnosti, zatímco nové výrobní procesy a technologie musí být nasazeny, aby umožnily chemickému průmyslu přechod na klimatickou neutralitu.

EU má jeden z nejkomplexnějších a nejochrannějších regulačních rámců pro chemické látky, který je podporován nejpokročilejší znalostní základnou na celém světě. Tento regulační rámec se stále více stává vzorem pro bezpečnostní normy po celém světě. EU byla nepopíratelně velmi striktní při vytváření vnitřního trhu s chemickými látkami, při snižování rizik pro člověka a životní prostředí, která představují některé nebezpečné chemické látky, jako jsou karcinogeny a těžké kovy, a při poskytování předvídatelného legislativního rámce pro společnost.

Bezpečné a udržitelné používání chemikálií podle návrhu Evropské komise vyžaduje:

- vypracování celoevropských kritérií pro bezpečnost a udržitelnost chemických látek;
- vytvořit celoevropskou bezpečnou a udržitelnou podpůrnou síť na podporu spolupráce a sdílení informací napříč odvětvími a hodnotovým řetězcem a poskytovat technické znalosti o alternativách;
- zajistit vývoj, komercializaci, zavádění a přijímání bezpečných a udržitelných látek, materiálů a produktů prostřednictvím finanční podpory – zejména malým a středním podnikům – v rámci Horizontu Evropa, politiky soudržnosti, programu LIFE, dalších

příslušných finančních a investičních nástrojů EU a partnerství veřejného a soukromého sektoru;

- mapovat a řešit bezpečné a udržitelné nesoulady mezi dovednostmi a nedostatky v kompetencích a zajistit odpovídající dovednosti na všech úrovních – včetně odborného a terciárního vzdělávání, výzkumu, průmyslu a mezi regulačními orgány;
 - vytvořit v úzké spolupráci se zúčastněnými stranami klíčové ukazatele výkonnosti pro měření průmyslového přechodu k výrobě bezpečných a udržitelných chemikálií;
 - zajistit, aby legislativa o průmyslových emisích podporovala používání bezpečnějších chemikálií průmyslem v EU tím, že bude vyžadovat hodnocení rizik na místě a omezí používání látek vzbuzujících velmi velké obavy.

EU má v této oblasti vypracovaný komplexní rámec zahrnující přibližně 40 legislativních nástrojů, včetně nařízení o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek (REACH), nařízení o klasifikaci, označování a balení nebezpečných látek (CLP) a mezi mnoha dalšími právními předpisy upravujícími bezpečnost hraček, kosmetiky, biocidů, přípravků na ochranu rostlin, potravin, karcinogenů na pracovišti, jakož i legislativa na ochranu životního prostředí.

Téměř 20 let po prvním strategickém přístupu k nakládání s chemickými látkami v EU nastal čas zmapovat novou dlouhodobou vizi chemické politiky EU. V souladu s Evropskou zelenou dohodou se strategie snaží o prostředí bez toxických látek, kde jsou chemikálie vyráběny a používány způsobem, který maximalizuje jejich přínos pro společnost, včetně dosažení zeleného a digitálního přechodu, a zároveň zabraňuje poškození planety a současných a budoucích generací. Strategie navrhuje jasný plán a časovou osu pro transformaci průmyslu s cílem přilákat investice do bezpečných a udržitelných produktů a výrobních metod.

Dosažení bezpečných produktů a netoxických materiálů

Abychom se posunuli k cyklům materiálů bez toxických látek a čisté recyklaci a zajistili, že se „Recyklováno v EU“ stane celosvětovým měřítkem, je nutné zajistit, aby byly látky vzbuzující obavy ve výrobcích a recyklovaných materiálech minimalizovány. V zásadě by pro původní a recyklovaný materiál měla platit stejná mezní hodnota pro nebezpečné látky. Mohou však nastat výjimečné okolnosti, kdy může být nezbytná výjimka z této zásady. To by bylo za podmínky, že použití recyklovaného materiálu je omezeno na jasně definované aplikace, kde nedochází k žádnému negativnímu dopadu na zdraví spotřebitele a životní prostředí a kde použití recyklovaného materiálu ve srovnání s novým materiálem je žádoucí.

Pro dosažení bezpečných produktů a netoxických materiálových cyklů v oběhovém hospodářství je nezbytné zvýšit produkci a příjem druhotných surovin a zajistit, aby primární i sekundární materiály a produkty byly vždy bezpečné. Nedávno přijatý Akční plán pro oběhové hospodářství ukázal, že to vyžaduje kombinaci opatření na začátku životního cyklu výrobku, aby bylo zajištěno, že výrobky jsou bezpečné a udržitelné již od návrhu, a na druhém konci, aby se zvýšila bezpečnost recyklovaných materiálů a výrobků a zvýšila se v ně důvěra. Vytvoření dobře fungujícího trhu pro druhotné suroviny a přechod na původní materiál je však odůvodněn na základě analýzy případ od případu.

Cykly netoxických látek

Evropská komise chce:

- minimalizovat přítomnost látek vzbuzujících obavy ve výrobcích zavedením konkrétních požadavků jako součást iniciativy pro udržitelnou produktovou politiku, přičemž upřednostní ty kategorie produktů, které postihují zranitelné skupiny obyvatel, jakož i ty s nejvyšším

potenciálem pro cirkularitu, jako jsou textilie, obaly včetně potravinových obalů, nábytek, elektronik. komunální odpad, stavebnictví a budovy;

- zajistit dostupnost informací o chemickém obsahu a bezpečném použití zavedením požadavků na informace v rámci iniciativy pro udržitelnou produktovou politiku a sledováním přítomnosti látek vzbuzujících obavy v průběhu životního cyklu materiálů a produktů;
- zajistit, aby povolení a odchylky od omezení pro recyklované materiály podle nařízení REACH byly výjimečné a odůvodněné;
- podporovat investice do udržitelných inovací, které mohou dekontaminovat toky odpadů, zvýšit bezpečnou recyklaci a snížit vývoz odpadů, zejména plastů a textilií;
- vyvinout metodiky pro hodnocení chemických rizik, které berou v úvahu celý životní cyklus látek, materiálů a produktů.

Nové a čistší průmyslové procesy a technologie by pomohly nejen snížit ekologickou stopu výroby chemikálií, ale také snížit náklady, zlepšit připravenost trhu a vytvořit nové trhy pro evropský udržitelný chemický průmysl. Energetická účinnost musí být upřednostněna v souladu s ambicí Evropské zelené dohody a paliva, jako je obnovitelný vodík a udržitelně vyráběný biometan, by mohly hrát rozhodující roli pro udržitelnost zdrojů energie.

Inovační průmyslová výroba

Evropská komise bude prostřednictvím svých finančních nástrojů a programů výzkumu a inovací podporovat:

- výzkum a vývoj pokročilých materiálů pro aplikace v odvětvích energetiky, stavebnictví, mobility, zdravotnictví, zemědělství a elektroniky s cílem zajistit zelený a digitální přechod;
- výzkum, vývoj a zavádění nízkouhlíkových procesů chemické a materiálové výroby s nízkým dopadem na životní prostředí;
- rekvalifikaci a zvyšování kvalifikace pracovní síly zapojené do výroby a používání chemických látek směrem k zelené a digitální transformaci,
- přístup k rizikovému financování, zejména pro MSP a začínající podniky,
- rozvoj a zavádění infrastruktury umožňující přechod na používání, přepravu a skladování elektřiny z obnovitelných zdrojů energie pro výrobu chemikálií,
 - zvýšení stávající míry zavádění dostupných technologií pro výrobní účely, jako jsou internet věcí, data velkého objemu, umělá inteligence, automatizace, inteligentní senzory a robotika.
- výzkum a vývoj inovativních obchodních modelů, jako je obchodní model založený na výkonu, aby bylo zajištěno efektivnější využití chemikálií a jiných zdrojů

Nové obchodní modely

Kromě role, kterou hrají technologie, mohou být inovace v obchodních modelech důležitým motorem zeleného přechodu průmyslu vyrábějícího a používající chemikálie.

Měly by být prozkoumány a podporovány možnosti přechodu od tradiční výroby a používání chemikálií k chemikáliím jako službě. Takové inovace by mohly optimalizovat využití odborných znalostí a zajistit účinné využívání zdrojů během celého životního cyklu a také podpořit místní inovaci a zapojení MSP. Tento vývoj bude podporován taxonomií

udržitelného financování EU, která pomůže nasměrovat finanční prostředky směrem k výrobě a použití bezpečných chemikálií.

Výroba, používání a obchod s chemikáliemi roste ve všech regionech světa. Světový chemický obrat byl v roce 2018 oceněn na 3 347 miliard EUR a očekává se, že výroba se do roku 2030 zdvojnásobí. Rostou také chemicky náročná uživatelských odvětví, jako je stavebnictví, automobilový průmysl a elektronika, což zvyšuje poptávku po chemikáliích a vytváří příležitosti, ale také rizika.

Chemické znečištění v přírodním prostředí

Evropská komise

- navrhne nové třídy nebezpečnosti a kritéria v nařízení CLP, aby se plně zabývala environmentální toxicitou, perzistencí, mobilitou a bioakumulací;
- zavést endokrinní disruptory, perzistentní, mobilní a toxické a velmi perzistentní a velmi mobilní látky jako kategorie látek vzbuzujících velmi velké obavy;
- zajistit, aby informace o látkách zpřístupněné orgánům umožňovaly komplexní posouzení rizik pro životní prostředí posílením požadavků napříč legislativou;
- řešit dopad výroby a používání léčiv na životní prostředí v nadcházející farmaceutické strategii pro Evropu;
- podporovat výzkum a vývoj dekontaminačních řešení v suchozemském a vodním prostředí;
- posílit regulaci chemických kontaminantů v potravinách s cílem zajistit vysokou úroveň ochrany lidského zdraví.

Vzhledem k tomu, že v současné době není reálné ani ekonomicky proveditelné konkrétně posoudit a regulovat téměř nekonečný počet možných kombinací chemických látek, dochází k vědeckému konsensu, že je třeba zohlednit účinek chemických směsí a obecněji je začlenit do hodnocení chemických rizik. Současně by mohly být dále rozvíjeny a zkoumány cílené metodiky pro konkrétní oblasti.

Probíhající revize REACH a CLP zásadně ovlivní nejenom chemická průmysl, ale i řadu navazujících oborů. Mohlo by být regulováno až 12 000 látek (až 43 % celkového obratu chemického průmyslu). Podle analýzy CEFIC 3) změny nařízení CLP a rozšíření GRA (generic approach to risk management) navržené v rámci CSS s největší pravděpodobností ovlivní 28 % celkového průmyslového portfolia. Přibližně jedna třetina z těchto 28 % může být potenciálně nahrazena nebo přeformulována, ačkoli panuje nejistota. Obchodní očekávání jsou ovlivněna nejen tím, co by mohlo být technicky a ekonomicky proveditelné, ale také tím, jak mohou jejich zákazníci reagovat na náhražky nebo přeformulované produkty. Změny CLP a GRA by při zohlednění potenciálních obchodních reakcí mohly vést ke snížení produktového portfolia a podnikání. Analýza ukázala, že 74 % výrobků, na něž má mít dopad přidání nebezpečí do CLP a rozšíření GRA, jsou profesionální nebo spotřebitelské výrobky. Rovněž se odhaduje, že provozní, kapitálové a výzkumné a provozní z výdaje porostou. Například „poměr CAPEX k obratu“ se v období 2023–2040 pravděpodobně zvýší oproti základní linii v průměru o 2–5 %, což je způsobeno především dodatečnými investičními požadavky na substituci nebo přeformulování. Podobně se odhaduje, že „poměr OPEX k obratu“ se za stejné období zvýší oproti základní linii v průměru o 1,5 % až 3 % v důsledku zvýšených regulačních požadavků a případně vyšších provozních výdajů.

Tabulka č. 5 Seznam možností politiky a předpokladů použitých v analýze 2)

Možnost konkrétních zásad CSS	Předpokládaná regulační opatření	Předpokládaný vstup v platnost
<p>Doplnění nebezpečnosti do CLP</p> <p>a) Navrhnout právně závazné identifikace nebezpečí endokrinních disruptorů na základě definice WHO a kritérií, která již byla vyvinuta pro pesticidy a biocidy</p> <p>b) Navrhnout nové třídy nebezpečnosti a kritéria v nařízení CLP, aby se plně zabývala environmentální toxicitou, perzistencí, mobilitou a bioakumulací</p> <p>c) Zajistit, aby nařízení CLP bylo ústředním prvkem pro klasifikaci nebezpečnosti a umožnilo Komisi zahájit harmonizované klasifikace</p>	<p>Nová klasifikace nebezpečnosti:</p> <p>Endokrinní disrupce</p> <p>Klasifikace nebezpečnosti převzaté z REACH:</p> <ul style="list-style-type: none"> • perzistentní, bioakumulativní, toxické • velmi perzistentní, velmi bioakumulativní • perzistentní, mobilní, toxický (PMT) • velmi perzistentní, velmi mobilní <p>Klasifikace nebezpečnosti oddělená od zavedených stavebních bloků:</p> <ul style="list-style-type: none"> • látky Imunotoxické • látky neurotoxické 	<p>2023</p> <p>2023</p> <p>2032</p>
<p>Rozšíření GRA</p> <p>a) Rozšířit přístup k řízení rizik, aby bylo zajištěno, že spotřebitelské produkty – mimo jiné včetně materiálů přicházejících do styku s potravinami, hraček, předmětů pro péči o děti, kosmetiky, pracích prostředků, nábytku a textilií – neobsahovali chemikálie, které způsobují rakovinu, genové mutace a ovlivňují reprodukční nebo endokrinního systému, nebo jsou perzistentní a bioakumulativní. Zahájení komplexního posouzení dopadů, aby bylo možné definovat způsoby a načasování pro rozšíření stejného obecného přístupu, pokud jde o</p>	<p>Rozšířit obecný přístup k posuzování rizik spotřebitelského a profesionálního použití prostřednictvím REACH (např. čl. 68 odst. 2) a odvětvových právních předpisů:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ED • PBT/vPvB • PMT/vPvM <p>Rozšířit obecný přístup k riziku na spotřebitelské a profesionální použití prostřednictvím omezení REACH (např. čl. 68 odst. 2) a odvětvových právních předpisů:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resp sens. Kat.. 1, 1A a 1B • STOT RE/SE Kat. 1 a 2 	<p>2024</p> <p>2028</p> <p>2033</p>

<p>spotřební výrobky, na další škodlivé chemikálie, včetně těch, které ovlivňují přístup k obecnému riziku pro spotřebitele a profesionální použití prostřednictvím omezení REACH (např. čl. 68 odst. 2) a odvětvové právní předpisy:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ED • PBT/vPvB • PMT/vPvM 2024 <p>Ekonomická analýza dopadů chemické strategie pro udržitelnost chemikálií.</p> <p>b) když není zaveden obecný přístup k řízení rizik, je třeba upřednostnit všechny výše uvedené látky pro omezení pro všechna použití a prostřednictvím seskupování, místo aby byly regulovány jedna po druhé</p> <p>c) Rozšířit úroveň ochrany poskytovanou spotřebitelům v rámci REACH na profesionální uživatele</p> <p>d) Zajistit zákaz endokrinních disruptorů ve spotřebitelských produktech, jakmile jsou identifikovány, a umožnit jejich použití pouze tam, kde se prokáže, že jsou pro společnost nezbytné</p>	<p>Rozšířit obecný přístup k riziku na spotřebitelské a profesionální použití prostřednictvím omezení REACH (např. čl. 68 odst. 2) a odvětvových právních předpisů:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Imunotoxické • Neurotoxické <p>Rozšířit obecný přístup k riziku na spotřebitelské a profesionální použití prostřednictvím omezení REACH (např. čl. 68 odst. 2) a odvětvových právních předpisů:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Skin sens. Kat.. 1, 1A a 1B • CMR 2 • Aquatic chronic 1 a 2 	<p>2024</p> <p>2040</p>
---	--	-------------------------

Zásadně to může ovlivnit následující segmenty:

- polymerní přípravky a sloučeniny, výrobky z papíru a lepenky, inkousty a tonery, které mohou být použity pro materiály určené pro styk s potravinami
- materiály přicházející do styku s potravinami
- barvy a nátěry

- prací a čisticí prostředky
- lepidla a tmely
- kosmetika a výrobky osobní péče
- maziva a plastická maziva
- biocidní přípravky a přípravky na ochranu rostlin

Nejnovější návrh ECHA, aby byly vybrané lithné sole zařazeny mezi jedovaté chemikálie. 3) Pokud bude tento návrh přijat zásadně to ovlivní průmysl baterií, rozvoj elektromobility a další odvětví.

Hlavní témata v oblasti substituce nebezpečných chemikálií:

Substituce může být na různých úrovních, jako je použití méně nebezpečné chemikálie ve stejném procesu, např pro stavební barvy: od organických rozpouštědel po barvy na vodní bázi. V polygrafickém průmyslu pro čištění ofsetových tiskových strojů od organických rozpouštědel po výrobky na bázi esterů rostlinných olejů. Nový design procesu, např při odmašťování kovů: od odmašťování par trichlorethylenem až po vysokotlaké čištění horkým alkalickým roztokem v uzavřeném systému, Při pájení natvrdo: od tavidel obsahujících sloučeniny boru a fluoru po použití pece s redukční atmosférou, nový proces, např odstranění starého nátěru: ze směsi dichlormethanu a methanolu k otryskání ocelovým pískem v uzavřeném systému. Od lepení lepidly až po nový design předmětů, které je mechanicky spojují vzájemně, vyhnout se použití procesu, např vyhýbání se galvanickému pokovování niklem používaným pouze z kosmetických důvodů. Dřevěný nábytek: od laku s organickými rozpouštědly až po žádnou povrchovou úpravu, který se používá zejména pro kvalitní nábytek. Vyhnout se výrobě produktů zahrnujících nebezpečné procesy. Bylo identifikováno, že v důsledku změn CLP nebo zahrnutí do omezení GRA by v budoucnu mohlo být regulováno více než 12 000 látek.

Přibližně 8 % trhu bude pravděpodobně nahrazeno/přeformulováno a 2 % ukončeno díky odchylkám. Přibližně 6 % navíc nebude čelit tlakům na stažení z trhu a bude ovlivněno pouze zvýšenou regulační zátěží.

Vybrané výrobky vyžadujících substituci:

- **Per – a polyfluoralkylované látky (PFAS)** vyžadují zvláštní pozornost vzhledem k velkému množství případů kontaminace půdy a vody (včetně pitné vody), počtu zasažených lidí s plným spektrem onemocnění a souvisejících společenských a ekonomických nákladů. Proto Evropská komise navrhuje komplexní soubor opatření, která mají řešit používání PFAS a kontaminaci těmito látkami. Cílem je zejména zajistit, aby používání PFAS bylo v EU postupně ukončeno, ledaže se prokáže, že je pro společnost zásadní.

EK zakáže veškeré PFAS jako skupinu v hasicích pěnách i v jiných aplikacích, přičemž umožní jejich použití pouze je-li pro společnost zásadní, se bude PFAS zabývat jako skupinou v rámci příslušných právních předpisů o vodě, udržitelných produktech, potravinách, průmyslových emisích a odpadech. Zavede celounijní přístup a poskytování finanční podpory v rámci výzkumných a inovačních programů s cílem stanovit a vyvinout inovativní metody pro nápravu kontaminace PFAS v životním prostředí a ve výrobcích a zajistí financování výzkumu a inovací pro bezpečné inovace, které nahradí PFAS, v rámci programu Horizont Evropa. Evropské nestátní organizace vyzývají jednotlivé země EU i Evropskou komisi k zákazu „věčných chemikálií“ PFAS od roku 2025 ve spotřebním zboží. Po dalších pěti letech, tedy od

roku 2030 by potom dle nich měl zákaz platit i na jakémkoliv průmyslové využití těchto látek. Perfluorované látky jsou dnes součástí mnoha výrobků jako jsou teflonové pánve či oblečení, obuv a další produkty s technologií gore-tex.

- Endokrinní disruptory, perzistentní, mobilní a toxické látky a vysoce perzistentní velmi mobilní látky

EK zařadí endokrinní disruptory, perzistentní, mobilní a toxické látky a vysoce perzistentní a velmi mobilní látky jako kategorie látek vzbuzujících mimořádné obavy. zajistí, aby endokrinní disruptory byly ve spotřebních výrobcích zakázány, jakmile budou identifikovány, což umožní jejich použití, pouze je-li prokázáno, že je pro společnost zásadní.

- posílit ochranu pracovníků zavedením endokrinních disruptorů jako kategorie látek vzbuzujících velmi velké obavy podle REACH;
- zajistit, aby úřady měly k dispozici dostatečné a vhodné informace, které umožní identifikaci endokrinních disruptorů, a to přezkumem a posílením požadavků na informace napříč legislativou;
- urychlit vývoj a zavádění metod pro získávání informací o endokrinních disruptorech prostřednictvím screeningů a testování látek.

- Chemické směsi

Vzhledem k tomu, že v současné době není reálné ani ekonomicky proveditelné konkrétně posoudit a regulovat téměř nekonečný počet možných kombinací chemických látek, dochází k vědeckému konsensu, že je třeba zohlednit účinek chemických směsí a obecněji je začlenit do hodnocení chemických rizik. Současně by mohly být dále rozvíjeny a zkoumány cílené metodiky pro konkrétní oblasti.

Evropská komise posoudí, jak nejlépe zavést do nařízení REACH:

- a) faktory hodnocení směsi pro posouzení chemické bezpečnosti látek;
- b) zavést nebo posílit ustanovení, která zohlední kombinované účinky v jiných příslušných právních předpisech, jako jsou právní předpisy o vodě, potravinářských přídatných látkách, hračkách, materiálech přicházejících do styku s potravinami, detergitech a kosmetice;
- c) zlepšit hodnocení směsí používaných při výrobě tabáku a souvisejících výrobků s využitím tam, kde je to možné, stávajících agentur EU55.

- Mikroplasty viz SVA kap.5.2.
- Změkčovadla (bez ftalátů) pro materiály pro styk s potravinami
- Povrchově aktivní látky např. zpracování textilií, povrchově aktivní látky používané při zpracování textilií během fáze čištění (praní)
- Zpomalovače hoření (bez halogenů)
- Produkty informačních a komunikačních technologií

Očekávané dopady na konkurenceschopnost EU

V minulosti již řada látek byla zakázána jako na příklad rtuť (bylo nutno změnit technologii elektrolýzy), olovo v PHM a elektronice, některé pesticidy a další. Okruh zakázaných látek nebo dalších omezení se neustále rozšiřuje. Výrobci titanové běloby více jako let bojovali s různými komisemi a vynaložili více jako 10 mil USD na různém nezávislé studie a stejně nakonec Evropský parlament přijal významné omezení pro aplikaci TiO₂. Nejnovější je zpráva, že ECHA navrhuje zařadit vybrané sole lithia mezi toxické látky.**3)**

Z ekonomické analýzy CEFIC (4) mimo jiné vyplývá, že změny CLP a GRA by při zohlednění potenciálních obchodních reakcí mohly vést k čistému snížení produktového portfolia z hlediska obratu o přibližně 12 % nebo ekvivalentu 70 miliard EUR v roce 2040. Tyto změny s největší pravděpodobností ovlivní 28 % celkového průmyslového portfolia. Přibližně jedna třetina z těchto 28 % může být potenciálně nahrazena nebo přeformulována, ačkoli o přesném rozsahu panuje nejistota. Obchodní očekávání jsou ovlivněna nejen tím, co by mohlo být technicky a ekonomicky proveditelné, ale také tím, jak mohou jejich zákazníci reagovat na náhražky nebo přeformulované produkty.

V této souvislosti se odhaduje, že do konce roku 2040 by v Evropě zaniklo více než 40 000 pracovních míst, což odpovídá 3 % pracovní síly v chemickém sektoru. Tyto přímé ztráty pracovních míst by byly ještě větší, pokud by chemický průmysl nebyl schopen nahradit nebo přeformulovat některé výrobky, jak předpokládá strategie substituce. Ta je však nevyhnutelně závislá na reakci trhu. Dopad na následné uživatele vyžaduje další průzkum. Analýza ukázala, že 74 % výrobků, na které se vztahuje nařízení CLP o nebezpečnosti a rozšíření GRA, jsou profesionální nebo spotřebitelské výrobky.

Z uvedeného textu je patrný obrovský dopad na konkurenceschopnost průmyslu EU, kterému reálně hrozí neschopnost udržení se v EU a s tím spojená nesoběstačnost v řadě klíčových produktů. SUSCHEM CZ důrazně apeluje, aby všechny zde zmíněné principy byly vypracovány tak, aby zajistily udržitelnost existence chemického a navazujících průmyslů v EU. 5)

Projekt IRISS

SUSCHEM CZ se podílí na realizaci mezinárodního projektu IRRIS, jehož posláním je umožnit vytvoření sítě zúčastněných stran, včetně společností, výzkumných pracovníků, úřadů a dalších společenských aktérů na podporu zavádění a využívání strategií safe-by-design (SbD) a udržitelné-by-design (SusbD) ze strany průmyslu, zejména MSP. Základem celého úsilí je koncept Safe-and Sustainable-by-Design, který zahrnuje zaměření se na rané fáze dodavatelského řetězce na poskytování produktů, které jsou součástí kruhových modelů, přičemž se vyhýbá vlastnostem, které mohou být škodlivé pro lidské zdraví nebo životní prostředí. Integruje cirkulaci, klimatickou neutralitu, funkčnost a bezpečnost materiálů, produktů a procesů v průběhu celého životního cyklu. Projekt je financován z programu Horizon Europe.

Podrobně se výzkumem v oblasti substitucí nebezpečných chemikálií zabýváme v SVA 5 v kapitole 5.2. 6)

Zdroje:

1. Chemicals Strategy for Sustainability Towards a Toxic-Free Environment COM (2020) 667 final Brussels, 14.10.2020
2. Safe and Sustainable by Design (SSbD) chemicals and materials, CEFIC Stakeholder Workshop 22 . March 2022
3. Zimmermann A., Cater L.: Toxic or magic? Batteries industry freaks out over EU proposal to classify lithium as a Toxin, Politico, Brusel July 14.2022
4. Economic Analysis of the Impacts of the Chemicals Strategy for Sustainability, CEFIC prosinec 2021
5. Research and Innovation Roadmap 2050, CEFIC 2020
6. Strategická výzkumná agenda SUSCHEM CZ, listopad 2022

4.4. Rafinérsko-petrochemický komplex

Největší rafinérskou a petrochemickou společností v ČR je skupina ORLEN Unipetrol. Zaměřuje se na zpracování ropy a na výrobu, distribuci a prodej pohonných hmot a petrochemických produktů – zejména plastů a hnojiv. Ve všech těchto oblastech patří k významným hráčům na českém i středoevropském trhu. Patří mezi deset největších českých firem podle tržeb. Je součástí významné evropské skupiny PKN Orlen. Má zpracovanou Strategii transformace do roku 2030, včetně stanovení hlavních cílů a potřebných inovací, ocenění potřebných investic a cílů v růstu EBITDA v jednotlivých segmentech výroby a podnikání. Dlouhodobým cílem je dosažení emisní neutrality do roku 2050. **1,2)** Technickými aspekty restrukturalizace tohoto rozhodujícího sektoru chemického průmyslu ČR se podrobněji zabýváme v SVA 5 v kapitole 5.3. **3)**

Hlavní pilíře strategie transformace tohoto odvětví :

- Dekarbonizace
- Snížení energetické náročnosti
- Důraz na obnovitelné zdroje
- Recyklace plastů
- Pokročilá biopaliva

Jakí uvádí doc. Lederer v podkladové studii z roku 2019 **4)** rafinérsko-petrochemický obor bude nucen aktivně reagovat (investičně, organizačně, výzkumně, kompetenčně atd.) na následující výzvy, vyvolané dnes již legislativně zakotvenými opatřeními v oblasti uhlíkové neutrality. Půjde zejména o aktivní řešení spojené s:

- a) Nástupem neuhlovodíkové mobility a jejím promítnutím do výroby ropných paliv
- b) Nástupem neuhlovodíkové mobility a jejím promítnutím do petrochemických výrob
- c) Dalším využíváním vyspělých biopaliv
- d) Nutným začleněním vodíkové mobility do struktury rafinérsko-petrochemického komplexu
- e) Nutným začleněním problematiky cirkulární ekonomiky do rafinérsko-petrochemického komplexu
- f) Budoucí rolí rafinérsko-petrochemického sektoru při řešení problematiky zachytu a využití CO₂.

Ropný vrchol se očekává mezi lety 2030 a 2035 nebo dříve. Poroste podíl alternativních paliv a biosložky.

S ohledem na současné trendy lze očekávat, že vývoj technologií v rafinérském a petrochemickém průmyslu bude intenzivní především v oblasti využití alternativních surovin a ve zlepšení účinnosti výrobních procesů a snižování spotřeby energií s využitím digitalizace. V procesech konverze ropných zbytků se do budoucna bude klást důraz na výtěžek lehkých benzinů, které představují základní petrochemickou surovinu. Nízkoemisní režim vyvolává vývoj zachycování a konverze CO₂. Ve výše uvedené studii se doporučuje výroba zeleného metanu metanizací CO₂, výroba zeleného metanolu z CO₂ a výroba etanolu s využitím CO₂ (homologací metanolu)

Tabulka č. 6 Hlavní aktivity v rafinérsko-petrochemickém komplexu ČR

Oblast	Do roku 2030	2030-2050
Energetika	Nová elektrárna T600- Rekonstrukce uhelné elektrárny Fotovoltaická elektrárna Nová kotelna Snížení emisí CO ₂ min o 20 %	Další zdroje OZE a vodíku Biometan
Vodíková strategie	Hydrogen HUB Litvínov Výroba vodíku elektrolýzou Vybudování stáčecích míst	Využití vodíku v petrochemii
Rafinerie	Zlepšením energetické účinnosti, zvýšení míry konverze ropy hydro-krakování a hydrogenační rafinace	postupně nahrazována syntetickou ropou vyrobenou petrochemicky Fischer- Tropschovou syntézou,
Petrochemie	Revitalizace POX dokončení 06/2022 Zvýšení kapacity etylenu z 63,7 tph to 70 tph Rekonstrukce parního krakován	Zelený etylen, zelený čpavek Elektricky vyhřívaný krakovací reaktor
Recyklace plastových odpadů	Chemická recyklace odpadních plastů a pneumatik Výroba polypropylenu z odpadního rostlinného oleje Plasmová recyklace odpadů 20 % produkce v petrochemickém komplexu má být vyráběno z recyklovaných plastů	Zvýšení podílu využití produktů z recyklace plastů pro petrochemické technologie
CCU	Vývoj technologií a zařízení	Zelený amoniak Výroba močoviny
Syntetická paliva	Zelená syntetická paliva objem pokročilých biopaliv z rostlinného nebo plastového odpadu dosáhne 0,2 milionů tun ročně	Syntetická nafta
Výroba aromátů z obnovitelných surovin	Separací a transformací aromátů z bio-olejů, přímou nebo nepřímou separací aromátů z produktů zpracování odpadních plastů a elastomerů, Termokatalytickou cyklizací nízkomolekulárních uhlovodíků.	Výroba aromátů s využitím CO ₂

	vzroste podíl speciálních produktů s vysokou marží (např. aromatické deriváty)	
--	--	--

Nedílnou součástí strategie transformace rafinérsko-petrochemického odvětví je uplatňování cirkulární ekonomiky. Výroba plastů a potenciální využití produktů jejich recyklace je především věcí rafinérsko-petrochemického sektoru. Podle Evropské komise by do roku 2025 mělo být nejméně 10 milionů tun recyklovaných plastů zapracováno do nových výrobků na trhu EU. Viz kapitola 4.5.

Petrochemická výroba procházejí obdobím tzv. koprocesingu, kdy se bude k ropné surovině připojovat využití zemního plynu a biomasy. S časem bude váha obnovitelných surovin stoupat – koncovým stavem může být „petrochemie“ bez fosilních surovin, tedy s nulovou (fosilní) uhlíkovou stopou. Nefosilní petrochemie bude ovšem spojena s nutností produkovat zelený vodík, a tedy bude podmíněna dostatkem energetických zdrojů s omezenou emisní zátěží.

Produkcí aromátů by bylo možné zajistit v našich podmínkách následujícími postupy:

- Separací a transformací aromátů z bio-olejů,
- přímou nebo nepřímou separací aromátů z produktů zpracování odpadních plastů a elastomerů,
- termokatalytickou cyklizací nízkomolekulárních uhlovodíků.

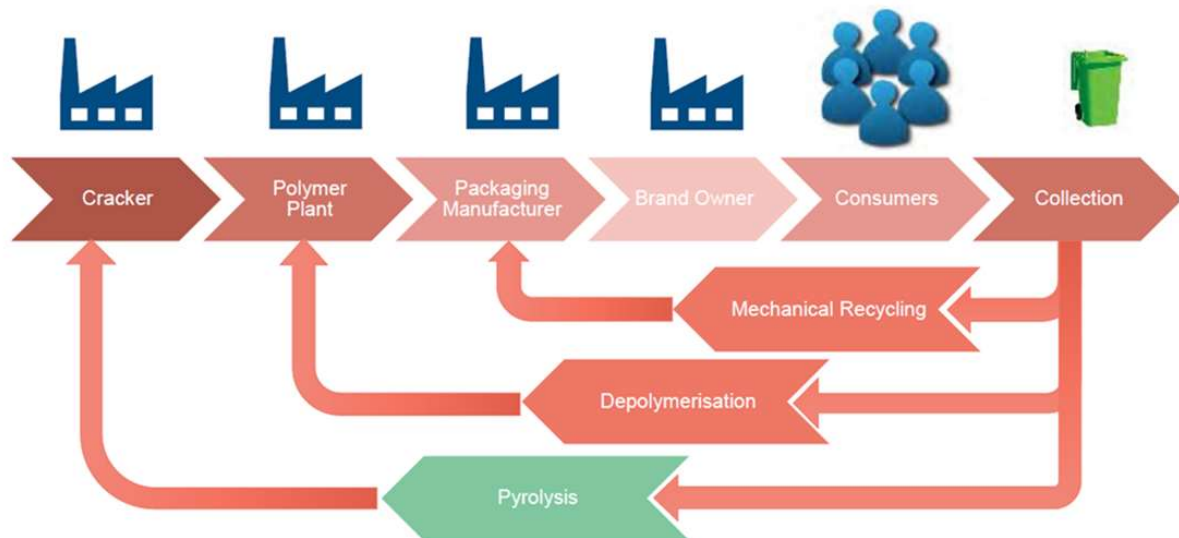
Pro české podmínky je možno především uvažovat s postupy separace aromátů z kapalného produktu pyrolýzy odpadních plastů. Aromatické struktury v polystyrenech, SBR elastomerech, relevantních polyesterech, epoxidech, polyuretanech, polykarbonátech zůstávají během pyrolýzy zachovány a lze je (nikoli zcela jednoduchým způsobem) získávat pro další využití. Kapalné produkty nízkoteplotní pyrolýzy polyolefinů lze naopak po rafinaci použít jako nástřik pro vysokoteplotní (ethylenovou) pyrolýzu a získat základní monoaromáty jako významný vedlejší produkt shodně, jak je tomu v případě nástřiků na bázi ropných frakcí.

Příkladem úspěšné spolupráce výzkumníků skupiny Unipetrol a VŠCHT Praha bylo spuštění výroby kapalného uhlovodíku dicyklopentadien (DCPD) v roce 2022 o kapacitě 26 tisíc tun ročně. Potřebují ho výrobci polymerních materiálů, pryskyřic či chemických specialit. DCPD je například součástí vrtulí větrných elektráren či skeletů aut a lodí. Využívá se i ve stavebnictví, elektrotechnice, lékařství a farmacii. Touto investicí ve výši 831 milionů korun se Litvínov zařadí mezi čtyři největší evropské producenty. Díky úspěšnému výzkumu izolace uhlovodíků, které jsou produkovány jako vedlejší produkty ve výrobních jednotkách petrochemie nebylo nutno koupit v zahraničí drahou licenci. **5)**

Jiným příkladem postupné realizace strategie transformace je uplatňování principů cirkulární ekonomiky a trvalé udržitelnosti. Ty rozvíjí budováním širokého portfolia recyklačních aktivit, díky kterým bude schopna efektivním způsobem získávat a zpracovávat odpadní plast a bioodpad a vyrábět z něj nové petrochemikálie a biopaliva. Na své dosavadní aktivity zejména v oblasti chemické recyklace navazuje nyní vstupem do segmentu mechanické

recyklace akvizicí italsko-české společnosti REMAQ do své skupiny. Dokončení akvizice se předpokládá nejpozději do konce března roku 2023.

Požadavkem dnešní doby je jít za hranici mechanické recyklace k chemické recyklaci platů a využít produktů chemické recyklace jako suroviny pro petrochemii. (viz obrázek č. 1)



Obrázek č. 1 Možnosti využití recyklace plastů v petrochemii



Testovací pyrolyzní jednotku na zpracování odpadních plastů zprovoznil ve svém litvínovském závodě Orlen Unipetrol. V následujících třech letech v ní bude zkoumat chemickou recyklaci plastů i způsob, jak ji využít v běžné výrobě. | foto: Orlen Unipetrol

Obrázek č. 2 Testovací pyrolyzní jednotka v Orlen Unipetrol

Cílem využití alternativních surovin je částečně omezit závislost výrobních procesů a produktů na ropě a zemním plynu. Mezi alternativní suroviny v tomto kontextu patří například zemědělské suroviny (pěstované nikoli na úkor potravinových zdrojů), druhotné zemědělské suroviny (ligno-celulózní biomasa, jako je dřevní štěpka a sláma z různých zemědělských plodin), biotechnologie (zaměřené zejména na využití bakteriálních efektů, využití řas apod. pro syntézu různých uhlovodíků), výhledově i komunální odpad nebo CO₂ z průmyslových spalin, které by mohly být použity jako alternativní uhlíkové zdroje pro výrobu pohonných hmot.

Další vývoj nejenom českého chemického průmyslu, ale i energetiky a dalších odvětví bude v příštím desetiletí založen na kombinaci fosilních paliv a obnovitelných zdrojů. Uvažuje se s postupným poklesem podílu fosilních surovin (např. postupně nahradit ropu až o 30 % do roku 2030, omezení těžby uhlí, nově nahradit dovoz zemního plynu z Ruska).

Plán EU na rok 2035 se často popisuje jako „zákaz spalovacích motorů“, ve skutečnosti jde ale o zákaz aut s nenulovými emisemi CO₂. To by mohlo znamenat, že spalovací motory zachrání uhlíkově neutrální syntetická paliva. Zatímco běžné palivo vzniká rafinací ropy, umělá paliva vznikají chemickou reakcí (nejčastěji elektrolýzou vody na kyslík a vodík, následně sloučení vodíku s CO₂). Jejich spalování produkuje výrazně čistší emise (bez síry a aromatických uhlovodíků), využití CO₂ pro výrobu (odpad z průmyslové výroby nebo přímo ze vzduchu) z nich dělá uhlíkově neutrální palivo. Pokud se navíc vyrábějí s využitím energie z obnovitelných zdrojů, je i uhlíková stopa této produkce nižší než u klasických paliv.

Zdroje :

1. Strategie skupiny ORLEN Unipetrol do roku 2030 <https://www.unipetrol.cz/cs>
2. Herink T.: Development trends of ORLEN Unipetrol Group, přednáška na ICCT konferenci v Mikulově duben 2022
3. SVA 5 SUSCHEM CZ, říjen 2022
4. Lederer J.: Zpracování ropy a petrochemie, podkladová studie pro CM SUSCHEM CZ, 2019
5. https://mostecky.denik.cz/zpravy_region/vyrobna-dpcd-chemicka-zaluzi-20221003.html?utm_source=www.seznam.cz&utm_medium=sekce-z-internetu#dop_ab_variant=821930&dop_source_zone_name=hpfeed.szhnp.box

4.5. Cirkulární ekonomika

Cirkulární ekonomika (též oběhové hospodářství – například v právu EU) je koncept, který je integrální součástí udržitelného rozvoje.

Základním předpokladem udržitelnosti je optimalizace zacházení s odpady, efektivní provozování technologií s minimalizací výskytu odpadů, recyklace odpadů pro materiálové využití (např. chemická recyklace), recyklace ohrožených surovin a další principy Cirkulární ekonomiky (dále CE). Moderní doba přináší stále větší sortiment odpadů s různou nebezpečností, a tedy i možností případné recirkulace. CE je způsob výroby a spotřeby, který díky sdílení, pronajímání, opětovnému používání, opravování, repasování nebo recyklaci zhodnocuje existující výrobky, suroviny a materiály, umožnění maximálního využití zbytkových materiálů jako vstupních komponent do následného výrobního procesu. Základním motivem pro tuto strategii je prodloužení životního cyklu produktů a minimalizace odpadu. Základním motivem pro tuto strategii je skutečnost, že naše planeta nemá dostatek zdrojů a na druhé straně na skládkách po celém světě leží miliardy dolarů bez využití. CE představuje snahu posunout se od lineárního modelu: vytěžit – vyrobit – použít – vyhodit k šetrnějšímu a efektivnějšímu využití zdrojů, tzn. k prodloužení životnosti výrobků (odstranit jejich plánovanou poruchovost a zastarávání), po ukončení životnosti provést jejich úpravu, recyklaci a vrátit takto získané materiály zpět do výrobního cyklu (vlastního nebo jiného, např. v rámci průmyslové symbiózy). Jde tedy o přístup, kde se

uzavírá smyčka – nejlépe na lokální úrovni, odpady ideálně nevznikají a jsou tedy zase zdrojem pro další výrobu. Aby to bylo možné, tak klíčovým prvkem je navrhování výrobků tak, aby byl brán v úvahu jeho celý životní cyklus, a to jak z pohledu jeho následného využití, tak i dopadů na životní prostředí.

CE však není jen o odpadech. Zjednodušeně začíná návrhem výrobku, jeho výrobou, jeho využitím zákazníky, řešením, co s finálním výrobkem po skončení jeho životnosti, možnostmi vrácení materiálů zpět do výroby. U návrhu výrobku, ale i jeho užití posuzujeme šetrnost k životnímu prostředí (nulové emise, nízká spotřeba energií a surovin, vznik vedlejších produktů nebo odpadu při vlastní výrobě nebo jeho využití). Důležitým požadavkem na nové materiály je jeho recyklovatelnost. Důležité pro hodnocení návrhu nového výrobku je, jak naplňuje cíle Strategie udržitelnosti chemických látek, která výrazně zvyšuje náročnost na ochranu zdraví a životního prostředí. (viz kap.4.3). Stále více chemických látek je identifikováno a podléhá různým omezením nebo zákazům. Tyto chemické látky mohou být přítomny ve výrobcích, jež byly prodány ještě před přijetím těchto omezení, přičemž některé z nich mají dlouhou životnost, a zakázané chemické látky se tak mohou vyskytovat v recyklačních tocích. Zjištění nebo odstranění těchto látek může být nákladné, což vytváří překážky zejména pro malé recyklační subjekty.

Cíle CE představují nové výzvy pro inovace v chemickém průmyslu jako např. vývoj nových generací ekologicky účinných technologií (včetně systémů vytápění a chlazení založené na obnovitelných zdrojích energie, vysoce účinného osvětlení, transformování a skladování energie), získávání důležitých surovin z odpadních vod (např. fosfor, regeneraci solí z průmyslových vod,) biorafinace jako oběhové technologie. Proto bude pokračovat vývoj nových selektivních a energeticky účinných separačních technologií. Je požadováno uplatnění bezpečného a nákladově efektivního opětovného využívání vody, opětovného využívání kritických surovin (např. recyklací elektronického odpadu, starých baterií, solárních článků, vrtulí větrných elektráren).

Bude třeba zajistit jednotnější přístup v rámci pravidel pro klasifikaci chemických látek a odpadů, které mají napomoci zpracovatelům odpadů a příslušným orgánům zaujmout jednotný přístup k charakteristice a klasifikaci odpadů. Recyklaci a opětovnému použití může bránit přítomnost určitých chemických látek. Cílem je umožnit recyklaci a zlepšit využívání druhotných surovin odstraněním zbytečných překážek a usnadnit přeshraniční pohyb druhotných surovin s cílem zajistit, aby s nimi mohlo být v celé EU snadno obchodováno. Je třeba zajistit, aby všichni aktéři v dodavatelském řetězci měli k dispozici odpovídající informace o látkách vzbuzujících obavy obsažených ve výrobcích a aby se tyto informace dostaly i ke zpracovatelům odpadu. To přispěje k podpoře oběhu netoxických materiálů a lepší řízení rizik. Příklady problémů se „starými látkami“ existuje celá řada. V recyklovaných plastových výrobcích, včetně hraček a kuchyňského náčiní, byly například zjištěny bromované zpomalovače hoření, které jsou perzistentní, bioakumulativní a toxické. Další příklad se týká některých látek, které byly původně přidávány do PVC jako změkčovače nebo stabilizátory, (od října 2021 se jedná i o TiO₂), jejichž použití je nyní omezeno, což znamená, že by se recyklované PVC obsahující tyto látky v množství přesahujícím určité hodnoty obtížně recyklovaly a nemohly být využívány jako druhotné suroviny.

Významným aspektem pro úsporu surovin a energií je požadavek na prodloužení životnosti výrobků (některé dokumenty uvádějí až 30 let). Splnění tohoto požadavku si vyžádá vývoj celé řady nových materiálů a technologií. Očekává se, že by se díky tomu ročně snížily emise skleníkových plynů o dvě až čtyři procenta.

Pro zavádění principů CE je klíčová průmyslová symbióza, mezioborová spolupráce mezi samostatnými výrobními podniky, městskými firmami (provozovatel čistírny odpadních vod, tepláren), správci vodotečí, ale také s odběrateli. Jelikož podniky při výrobě v CE berou ohled na delší životnost, materiálovou i energetickou efektivnost a opětovné využití nebo recyklaci, dochází k minimalizaci využívání přírodních zdrojů, obnově vytvořených produktů, redukci nákladů na provoz firem a ke snížení množství odpadů. Zároveň však zavedení principů CE zajišťuje firmám lepší soběstačnost v oblasti zdrojů, která se v dnešním dynamickém světě stává zásadní výhodou. Vyžaduje však celkovou proměnu ekonomického smýšlení, a to nejen firem, ale i společnosti jako takové.

V CE je zásadní zvýšit produkci a využívání druhotných surovin a zajistit, aby byly primární i druhotné materiály a výrobky vždy bezpečné. To však vyžaduje kombinaci opatření, aby se zajistilo, že výrobky jsou bezpečné a udržitelné již od návrhu, a v návaznosti na to, aby se zvýšila bezpečnost recyklovaných materiálů a výrobků a důvěra v ně. Vytvoření dobře fungujícího trhu se sekundárními surovinami a přechod na bezpečnější materiály a výrobky zpomaluje řada problémů, zejména: nedostatek odpovídajících informací o chemickém obsahu produktů. Spotřebitelé, účastníci produktového řetězce i provozovatelé odpadového hospodářství proto nemohou činit informovaná rozhodnutí. Proto také mají být podporovány investice do udržitelných inovací, které mohou dekontaminovat toky odpadů, zvýšit bezpečnost recyklací a snížit vývoz odpadů, zejména plastů a textilu.

Řada dodnes skládkovaných odpadů s obsahem těžkých kovů představuje nebezpečí pro zdravé a životní prostředí. Např. množství elektronického odpadu se do roku 2030 zvýší celosvětově na 75 milionů tun z 53,6 milionu tun v roce 2019. Elektroodpad obsahuje 69 prvků periodické tabulky. Tyto materiály můžeme díky recyklaci vrátit do výroby a významně tak snížit produkci skleníkových plynů vznikající při jejich těžbě a výrobě.

Směrnice Evropské unie č. 98/2008 (ES) v článku 3 definuje pojem recyklace jako:

„Jakýkoli způsob využití, jímž je odpad znovu zpracován na výrobky, materiály nebo látky, ať pro původní nebo pro jiné účely. Zahrnuje přepracování organických materiálů, ale nezahrnuje energetické využití a přepracování na materiály, které mají být použity jako palivo nebo jako zásypový materiál.“**(1)**

Hlavní recyklační cíle EU:

- recyklovat 65 % komunálního odpadu do roku 2035 (55 % do roku 2025 a 60 % do roku 2030),
- recyklovat 70 % obalových odpadů do roku 2030,
- závazný cíl snížení skládkování na max. 10 % komunálního odpadu do roku 2035,
- zákaz skládkování tříděného odpadu, což vyžaduje oddělený sběr biologického odpadu do roku 2023 a u textilu a nebezpečného odpadu z domácností do roku 2025,
- podpora ekonomických nástrojů odrazujících od ukládání na skládky,
- konkrétní opatření na podporu opětovného použití a stimulace průmyslové symbiózy – vedlejší produkt jednoho odvětví se použije jako surovina jiného odvětví,
- povinné rozšíření systému odpovědnosti výrobce, aby výrobci uváděli na trh ekologičtější

výrobky a podporovali systémy využití a recyklace (např. u obalů, baterií, elektrických a elektronických zařízení)

Podle CM Plasty 2) v ČR vykazujeme, že 50 % evidovaných plastových odpadů skládkujeme. Ročně zakopáváme odpadní plasty v hodnotě 10 miliard Kč. Od roku 2030 bude skládkování plastů zakázáno ve všech státech EU. Efektivní využití odpadních plastů je velkou výzvou pro výzkum a MSP. Polymery s vyšší přidanou hodnotou se prakticky nevyrábějí a musí se dovážet, takže i při vyrovnané výrobě a spotřebě kolem 1 mil. tun plastů je obchodní bilance pasivní.

Míra recyklace odpadů se v Česku každoročně zvyšuje, míra třídění je v porovnání roků 2000 a 2016 čtyřnásobná. Podle zjištění Eurostatu se ČR v celkové míře recyklace a využití obalových odpadů řadilo v roce 2015 na šesté místo v Evropské unii Třídí zde přibližně 70 % občanů, nejčastěji se recykluje papír .V roce 2016 se v Evropské unii vytřídilo 67 % obalového odpadu (v ČR 75 %) a 46 % komunálního odpadu (v ČR 34 %). Cíle EU pro rok 2035 je recyklace obalového materiálu 70 % (ČR k roku 2019 splňuje) a komunálního odpadu 65 % (ČR k roku 2019 nesplňuje.) Oproti ostatním zemím Evropy ČR výrazně zaostává ve třídění bioodpadů, které tvoří přibližně čtvrtinu zdejšího odpadu.

Stále více firem se snaží využívat vlastní odpadní plasty nebo dokonce nahrazovat část vstupních surovin recyklovanými materiály a očekáváme, že tento trend bude pokračovat Pro úspěšnou recyklaci je třeba odpadní plasty co nejlépe vytřídit. Čím čistější je odpad na vstupu do procesu, tím kvalitnější bude s největší pravděpodobností recyklát na výstupu, a tím snadnější bude jeho další využití. Mnohostrannost plastů se odráží v jejich možnostech znovuvyužití. V zásadě jsou možné tři odlišné postupy:

- mechanická materiálová recyklace
- chemická surovinová recyklace
- energetické využití.

Podle údajů Asociace Plastics Europe se očekává za rok 2021 růst výroby primárních plastů o 8,2 %. Spotřeba plastů do roku 2050 bude růst na 1,2 miliardy tun, přičemž hlavním zdrojem pro primární plasty se stanou plastové odpady v množství 750 mil. tun, ze kterých se mechanickými, a zejména chemickými procesy recyklací vyrobí nové plasty bez nároku na zvýšení stávající spotřeby ropy. V roce 2020 bylo v Evropě vytříděno pro recyklaci 29,5 mil. tun plastových odpadů, z toho bylo 34,4 % recyklováno mechanicky a 0,2 % chemicky, 42 % bylo využito energeticky a 23,4 % skončilo na skládkách nebo v přírodě. Agentura AMI uvádí, že v roce 2021 vzniklo v Evropě poněkud více - 35,6 mil. tun plastových odpadů, z nichž bylo vyrobeno 8,2 mil. tun regranulát.

Materiálová recyklace vyžaduje odpadní plasty jednoho druhu, čisté a vznikající ve velkém množství na nemnoha místech. Typické jsou odpady z výrobních nebo zpracovatelských provozů. Jejich materiálová recyklace je už dlouho úspěšná. Materiálová recyklace směsí odpadních plastů je již méně účinná. Ještě složitější se jeví materiálová recyklace heterogenních směsí odpadních plastů, z části dokonce s příměsí nebezpečných látek, s nejrůznějšími podíly jiných materiálů. Materiálová recyklace může poskytnout jen dílčí řešení, které je účelné pro maximálně 20 % odpadních plastů. Rozhodující je především schopnost trhu využít recykláty, nikoli kapacita zpracovatelských zařízení.

Spalování odpadních plastů s energetickým využitím je nepochybně metodou použitelnou, pokud se vyskytnou další podíly plastů, které nelze účelně recyklovat. K nim náležejí např. plasty, vůči kterým jsou povážlivé výhrady z hlediska pracovní hygieny nebo ochrany prostředí, nebo plasty spojené s jinými materiály (kompozity). Takovými jsou často plasty v automobilovém nebo elektro-průmyslovém odvětví. Spalování s využitím energie se pro takové plasty zdá být rozumným způsobem využití, je však obtížně přijatelné pro bojovníky proti změně klimatu

Postupy surovinové recyklace umožňují látkově znovu využít velká množství odpadních plastů. Za tím účelem se použité plasty štěpí na výchozí látky nebo na chemické nebo petrochemické suroviny, které lze znovu použít k výrobě nových plastů nebo jiných výrobků. Takto získané produkty nepodléhají žádným omezením použití. Zejména organizace Cefic a Plastics Europe zdůrazňují nutnost využít chemickou recyklaci jako plnohodnotný nástroj pro materiálové využití odpadních plastů a pro plnění ambiciózních cílů EU a zdůrazňují přednosti chemické recyklace, která dává hodnotu jinak nepoužitelnému plastovému odpadu, umožňuje vyrábět plasty stejné kvality jako původní surovina, které lze použít ve vysoce náročných aplikacích, jako je kontakt s potravinami a balení potravin, snižuje použití fosilních surovin pro výrobu nových plastů a vykazuje podstatně nižší uhlíkovou stopu ve srovnání s energetickým využitím. Recyklace plastů a dalších odpadních materiálů včetně biomasy jako významný zdroj druhotných surovin potřebuje ke zefektivnění pyrolýzních procesů celou řadu nanomateriálů od nanokatalyzátorů, zefektivňujících výtěžky z pyrolýzních produktů využitelné v chemických výrobcích a v případě biomasy i ve farmaceutických výrobcích až po membrány separující a zachycující odpadní plyny a umožňující jejich zpětné využití. Cirkulární ekonomika jako multidisciplinární obor vyžaduje fyzikální i chemické přístupy k recyklačním procesům v těsné součinnosti s inženýrským řešením pyrolýzních jednotek a s aktivním organizačním a realizačním příspěvkem státní správy.

Technologie umožňující praktické uplatnění konceptu cirkulární ekonomiky na úrovni materiálů a komponent včetně recyklace technologických zařízení OZE, technologie zajišťující požadovanou kvalitu druhotných surovin a odpadů pro jejich cirkulární využití.

Recyklace plastových a dalších odpadů

Stěžejní součástí strategie transformace je podrobně řešena Technologickou platformou Plasty.

Cíl: dosažení přeměny odpadních polymerů na produkty znovu využitelné v rámci chemického průmyslu.

Pyrolýza nebo také termolýza proces chemické přeměny vyvolané působením tepla bez přístupu kyslíku jejíž výsledkem jsou zpravidla menší molekuly (rozklad). Termolýza (pyrolýza) odpadních polymerů – jedna z možností, jak realizovat chemickou recyklaci. Za určitých předpokladů z nich lze vyrobit opět produkty často v tzv. virgin kvalitě

Termolytické zpracování odpadních plastů emituje o cca 50 % menší množství CO₂ než jejich spalování.

Termolytické procesy mohou probíhat při různých podmínkách (teploty, doby zdržení, tlaky, přítomnost reaktivních plynů, kapalin a katalyzátorů). Pro základní dělení procesů se používá teplota (3 skupiny procesů) a přítomnost katalyzátoru:

- Nízkoteplotní termolýza (pod 400 °C)
- Středně teplotní termolýza (400–600 °C)
- Vysokoteplotní termolýza (>600 °C)
- Případně katalytická (s cíleně přidávaným katalyzátorem).

Katalyzátor pomáhá ke snížení tzv. aktivační energie. Zjednodušeně lze říct, že se jedná o jeden z „ovládacích prvků“ reakce. Z chemické recyklace odcházejí plynné, kapalné a pevné produkty.

- Plynné produkty:

Hlavní složky: C1 – C4 uhlovodíky (nasycené i nenasycené), H₂, H₂O, HCl, CO, CO₂, N₂, C₄+ Uhlovodíky. Využití: energetické, při dostatečně instalované kapacitě lze separovat jednotlivé složky (vysoká hodnota).

- Kapalné produkty

Hlavní složky: vroucí do 550 °C, nasycené, nenasycené i molekuly obsahující heteroatomy, charakterizuje se pomocí skupinového složení a destilačního rozmezí, funkcí procesu a vstupní suroviny. Využití: zdroj uhlovodíků pro rafinérskou a petrochemickou výrobu.

- Pevné produkty

Hlavní složky: těžké podíly (>550 °C), častěji nenasycené molekuly až elementární uhlík, méně často nasycené molekuly, veškeré inertní komponenty, zbytky katalyzátorů, kovy... Využití: potenciální zdroj uhlíku (výroba sorbentů, jako aditivum ve stavebnictví), výroba sazí.

Výzkum a vývoj by měl směřovat k udržitelným procesům, které budou méně náročné na vodu anebo povedou k jejímu opětovnému používání. 100 % recyklace chladicích vod musí být dnes samozřejmým prvkem chemických technologií.

Tabulka č.7 Hlavní recyklace z pozice zájmů chemického průmyslu

	2022-2030	2030-2050
Recyklace solárních článků	Zdroj Al, Si, Co, Mn, Li	Recyklace nových typů FV
Recyklace baterií	Zdroj kobaltu, lithia, niklu, manganu	Recyklace nových typů baterií
Recyklace elektroniky	Zdroj ohrožených prvků	
Recyklace plastů	Mechanická, chemická recyklace	Plasmová recyklace odpadů
Recyklace komunálních odpadů	Zákaz skládková od 2030 Energetické chemické využití odpadů	Chemické využití odpadů jako suroviny
Recyklace odpadních vod	Zdroj P, odsolování odpadních vod	

Z technologického pohledu tuto problematiku podrobně diskutujeme v kap. 5 .7 SVA 5 4)

Výrobní podniky čím dál více propojují své výrobní činnosti s poskytováním služeb zákazníkům. Tento proces pokročilého rozvíjení doprovodných služeb je nazýván „servitizace“. V současné době je spojován se změnou strategického zaměření podniků. Mezi okolnosti, které vedou výrobní podniky k servitizaci patří komoditizace, nasycení trhu, zrychlování inovačního cyklu výrobků, tlak konkurence, globalizace, nové technologie a

environmentální okolnosti. V chemickém průmyslu je důraz kladen zejména na pomoc zákazníkům efektivněji využít chemikálie a snížit chemický odpad tak, aby se o něj nemuseli starat a nést za něj zodpovědnost. Podniky a procesy jednotlivých odvětví jsou odlišné, a proto se v nich liší také důvody vedoucí k servitizaci. Posun k servitizaci je ovlivněn obecnými trendy projevujícími se např. snahou podniku k přechodu od prodeje výrobků na provádění aplikace u zákazníka, budováním partnerství prostřednictvím služeb, posunem od prodeje výrobků k poskytování celkového řešení pro zákazníky s cílem zajištění vyšších prodejů, dosažení většího zisku, zvyšování loajality zákazníků, zvyšování nároků na služby ze strany zákazníků, zvyšování bezpečnosti při aplikaci jejich výrobků. Typické je to již dnes u katalyzátorů.

Přímá recyklace vody ve výrobních odvětvích s vysokou spotřebou vody (energetika, průmysl papírenský, chemický, textilní, zpracovatelský, recyklační, výroba oceli a další),

- instalace uzavřených cirkulačních okruhů;
- opětovné využívání znečištěné/využité provozní vody – technologie filtrační, pro chemické čištění;
- optimalizace vodního hospodářství.

Chemický průmysl má jedinečnou pozici k tomu, aby podpořil řadu iniciativ EU, protože transformuje surovinu na produkty a meziprodukty pro koncové uživatele, a je tak jádrem každého hodnotového řetězce. Zde plní podpůrnou roli pro zlepšenou konkurenceschopnost a současně drasticky snižuje neúčinnost zdrojů a energie a ekologickou stopu našich průmyslových činností. Současné trendy ve vývoji chemických technologií a nezbytných zařízení jsou poznamenány postupným vyčerpáváním vstupních surovin ze zemské kůry. Nejsou to jen fosilní paliva, v zemské kůře se v omezené míře nachází řada dalších biogenních i všech nebiogenních prvků, které jsou již dnes považovány za kriticky nedostatkové. Přitom jsou to prvky, které jsou potřebné pro ekonomiku a zajišťují životní standard 21. století. Jedná se např. o vzácné zeminy, prvky skupiny platiny, ale také fosfor a další. Úplná recyklace všech biogenních prvků (nejen koloběh uhlíku a vody, ale i fosforu, dusíku, síry, hořčíku, železa, vápníku, sodíku, draslíku) nezbytných pro reprodukci života a recyklace všech prvků těžených z přírodních zdrojů jsou nezbytné nejenom kvůli zabezpečení čistoty životního prostředí, ale i pro zabezpečení udržitelnosti v podmínkách měnícího se klimatu.

V ČR dnes operuje více než 1500 společností, pro které jsou druhotné suroviny základním kamenem existence, zejména MSP.

- Likvidace odpadních vod z biotechnologií (např. použití odpadních vod z biotechnologie v procesu výroby vodíku pomocí reformování vodní fáze);
- Zpracování kalů z komunálních čistíren odpadních vod (např. středně-teplotní pomalá pyrolýza zaměřená na produkci biocharu (pevného porézního uhlíkatého materiálu, využitelného např. jako cenného přípravku pro zlepšení zadržování vody v půdě); 30
- Vyšší aplikace nanomateriálů (např. nanofiltrý ze stříbrných nanodrátků a uhlíkových nanotrubiček, který dokáže vyčistit vodu až 80 000 x rychleji než běžné filtry);
- Čištění vod znečištěných biologicky obtížně odbouratelnými persistentními organickými látkami, pesticidy a jejich metabolity, zbytky farmaceutických výrobků apod. (např. membránové separační procesy);
- Odsolování průmyslových odpadních vod

Zdroje:

1. Směrnice Evropské unie č. 98/2008 (ES)
2. Cestovní mapa průmyslové modernizace a zavádění pokročilých technologií, České technologické platformy PLASTY, květen 2022
3. Nový akční plán pro oběhové hospodářství EU COM(2020) 98 final <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0098>
Bruselu dne 11.3.2020
4. SVA V SUSCHEM CZ

4.6. Pokročilé materiály

Pokročilé materiály spolu s nanotechnologiemi, biotechnologiemi a moderními procesy a aparáty patří mezi základní pilíře Průmysl 4.0. Pokročilé materiály by měly mít lepší užité vlastnosti, měly by být lehčí, větší životnost, levnější a měly by být snadno recyklovatelné. Patří sem i materiály, které slouží jako ochranné povlaky proti různým vlivům nebo materiály, které mají „inteligentní funkce“. Technologie jejich přípravy by měly být méně energeticky náročné, s minimálními odpady a dopadem na životní prostředí. Pokročilé materiály a technologie byly identifikovány v Národní RIS3 strategii jako klíčové znalostní domény. Cílem výzkumu v oblasti pokročilých materiálů je porozumět vztahům mezi složením a mikrostrukturou materiálů a jeho technickými vlastnostmi, tj. jak mikrostruktura ovlivňuje chování.¹⁾

Udržitelné pokročilé materiály jsou klíčovou hnací silou inovací a vytvářejí nové příležitosti v mnoha odvětvích. Realizace Zelené dohody a digitální strategie Evropskou komisí povede k významným změnám ve výzkumu materiálů v důsledku kombinace rychle se rozvíjející digitalizace a rostoucí potřeby udržitelných řešení mnoha aspektů.

Pokročilé materiály a související procesy tvoří 20 % evropské průmyslové základny a tvoří základ téměř všech hodnotových řetězců prostřednictvím transformace surovin. Výzkum a vývoj pokročilých materiálů jsou klíčovou hnací silou inovací a vytvářejí nové příležitosti v mnoha dimenzích a odvětvích. Propojení inženýrského know-how, biologie, chemie a fyziky, leží v centru pozornosti pro svou zásadní roli ve vývoji moderních materiálů specifických vlastností a jejich aplikací napříč obory a odvětvími – od energetiky a uchování energie, přes dopravu a zdravotnictví, až po ochranu životního prostředí a zemědělství.

Zejména nanotechnologie představují velmi různorodý, multidisciplinární a průřezový obor s obrovským potenciálem pro komercializaci. Chápeme je jako řešení zabývající uspořádáním hmoty v řádu nanometrů a nabízející širokou škálu možností využití – od výzkumu a vývoje zcela nových materiálů až po přípravu struktur se speciálně navrženými, jedinečnými vlastnostmi. Nanotechnologie tak v našem světě představují klíčový prvek umožňující vznik menších, rychlejších, silnějších, odolnějších, „inteligentnějších“ nebo jinak speciálních součástí a systémových komponent produktů s výrazně vylepšenými nebo zcela unikátními vlastnostmi.

Současné požadavky na pokročilé materiály 2)

V reakci na potřeby průmyslu sblížení technologií (např. nanotechnologie, biotechnologie, informační technologie a odpovídajících konstrukčních požadavků) pro další generaci výrobků a služeb s vysokou přidanou hodnotou a přizpůsobení měnícím se potřebám společnosti identifikujeme následující požadavky na pokročilé materiály:

- Lepší užité vlastnosti (vynikající elektrické vodivosti, propustnost světla, energetická hustota...)
- Nové funkcionality (sebeopravitelné materiály, samoorganizovatelné kompozity, chytré povrchy)
- Levnější – Výrobní náklady (cena) zásadně ovlivňují tržní potenciál nového výrobku
- Šetrné k životnímu prostředí, snížení produkce emisí
- Snadno recyklovatelné
- Delší životnost
- Snížení spotřeby kriticky ohrožených surovin
- U materiálů pro zdravotnictví nejenom netoxičnost, ale i biokompatibilita

Problematika vývoje výroby a aplikací pokročilých materiálů

- Vývoj přípravy nového materiálu
- Výběr vhodných a dostupných surovin
- Další rozvoj inteligentních vlastností nového materiálu pro konkrétní aplikace, modifikace produktu (úprava morfologie, povrchové úpravy atd)
- Vývoj aplikací ve spolupráci s budoucími spotřebiteli
- Způsob balení, dopravy k spotřebiteli a bezpečná aplikace
- Optimalizace výrobního postupu s cílem snížení výrobních nákladů
- Vývoj dalších nových aplikací s využitím vyvinuté materiálové technologie s novými funkcemi
- Vlákna na bázi celulózy jako náhrada plastů
- Uhlíková vlákna nebo jiné pokročilé výtuzné materiály pro snížení poptávky po betonu
- Využití odpadních surovin pro výrobu nanomateriálů
- Biomateriály pro stavebnictví a udržitelné zemědělství

V naší CM rozlišujeme tradiční materiály (např. polymery, kompozitní materiály nebo kovy), ale také jako nové inovativní multifunkční materiály (např. graphenové, lithiové nebo stříbrné aplikace), high tech materiály (např. materiály pro aditivní výrobu, pro EUV litografii, pro mikro a nanoelektroniku) a bio medicinské materiály (např. membránové biomateriály, biosenzory, bioreaktory, bioprocenní instrumentace a řídicí systémy).

Tabulka č. 8 Vybrané náměty pro vývoj v oblasti pokročilých materiálů 3)

Topic	Do roku 2025	Střednědobě (2025-2035)	Dlouhodobě (2035-2050)
Tradiční materiály	Vylepšené mechanické vlastnosti tradičních polymerů (TRL6) Studium rozhraní pryskyřice-vlákno pro	Průmyslově vyráběné polymery s vyšší pevností (TRL 6) Několik poznatků popsaných výše (koroze,	Vyztužené kompozity a materiály se zlepšenými vlastnostmi úspěšně

	kompozity vyztužené vlákny (TRL 3) Upscaling samoopravných polymerů a keramiky (TRL 7)	únava) povede k 9) vývoji vylepšených materiálů, které jsou testovány v simulovaném prostředí (TRL 5) Vynikající kompozity jsou navrženy na základě nových poznatků (TRL 3)	uvedeny na trh (TRL 9)
Multifunkční materiály	Vývoj polymerů s dalšími funkcemi (např. optické, magnetické, elektronické, selektivní permeabilita, bioaktivní) (TL3) Návrh nových materiálů pro EUV litografii a pro aditivní výrobu (TL3) Vývoj chytrých materiálů a řešení pro senzory a akční členy v domácnostech a automobilový průmysl (TRL 3) Materiály pro přesnější polohování a zlepšenou citlivost senzorů (TRL 3) Vývoj technologické platformy pro vícenásobné selektivní faktory odezvy (TRL 3) Vývoj metod recyklace pro multifunkční materiály (TRL 3) Vývoj chytrých materiálů a řešení pro senzory a akční členy v domácnostech a automobilech (TRL 3) Materiály pro přesnější polohování a zlepšenou citlivost senzorů (TRL 3)	Vývoj polymerů s dalšími funkcemi (např. optické, magnetické, elektronické, selektivní permeabilita, bioaktivní) (TL3) Návrh nových materiálů pro EUV litografii a pro aditivní výrobu (TL3) Vývoj chytrých materiálů a řešení pro senzory a akční členy v domácnostech a automobilech (TRL 3) Materiály pro přesnější polohování a zlepšenou citlivost senzorů (TRL 3) Vývoj technologické platformy pro více faktorů selektivní odezvy (TRL 3) Vývoj metod recyklace materiálů s přidanými funkcemi (TRL 3)	Nové multifunkční materiály úspěšně uvedeny na trh (TRL 9) Několik nových konceptů pro multifunkční materiály bude dále vyvinuto na prototypy (TRL 7) Technologie udržitelné recyklace materiálů s přidanými funkcemi (TRL 7)

High-tech materiály 4)	Návrh nových materiálů pro EUV litografii a pro aditivní výrobu (TL3) Vývoj materiálů pro nanoelektroniku (TL3)	Technologie pro materiály s přidanými funkcemi Technologie udržitelné recyklace materiálů s přidanými funkcemi Materiály pro nanoelektroniku (TRL 7)	High-tech materiály ověřené jako funkční v několika prototypch (TRL 9) Materiály pro solární články třetí generace. Technologie udržitelné recyklace materiálů s přidanými funkcemi (TRL7)
Bio Medical materiály 5)	Řízení interakce živé hmoty s umělými materiály (TRL 3) Nové platformy pro teranostiku (TRL 3) Vývoj schémat pro diagnostiku onemocnění v malém měřítku (TRL 3) Vývoj technologické platformy pro více faktorů selektivní odezvy (TRL 3)	Výběr testovaných biomedicínských materiálů (TRL 5) Technologie udržitelné recyklace bio med. materiálů s přidanou funkcionalitou (TRL 5).	Biomedicínské materiály pro diagnostiku a řízené dodávání léčiv v klinických studiích (TRL 7) Několik nových konceptů pro biomedicínské materiály bude dále vyvinuto na prototypy (TRL 7) Technologie udržitelné recyklace med. materiálů s přidanými funkcemi (TRL7)

Paleta pokročilých materiálů je rozsáhlá, komentujeme zejména ty, které sehrávají rozhodující roli v transformaci ekonomiky. Podle Materials 2030 Roadmap z června 2022 bylo identifikováno 9 prioritních segmentů trhu na které by se měly zaměřit potřebné inovace materiálů **6)**

a) Materiály pro trh s novými energiemi

- Pokročilé materiály pro technologie výroby energie z obnovitelných zdrojů a s nízkými emisemi skleníkových plynů; (např. materiály pro efektivnější FVČ, fotosenzibilizátory pro zvýšení účinnosti FVČ, materiály pro fotochemický rozklad vody);
- Pokročilé materiály pro výrobu a skladování vodíku;
- Pokročilé materiály pro skladování energie;(např. materiály pro nové generace superkondenzátorů s využitím dusíkem dopovaného grafenu);
- Vyšší hustota energie v bateriích;
- Palivových články s použitím vysoce účinných povlaků;
- Pokročilé materiály pro udržitelnou transformaci energeticky náročných průmyslových procesů, včetně grafenu a jeho derivátů.

b) Materiály pro elektroniku

- Pokročilé multifunkční materiály pro ochranu životního prostředí, odvod tepla,

transparentnost a miniaturizaci;

- Pokročilé povlaky a substráty pro elektroniku (např. flexibilní elektronika, post silikonová elektronika, aplikace optických vláken);
- Vyhýbání se CRM, výměna nebo recyklace elektronických zařízení;
- Materiály pro elektronická zařízení určené pro opakované použití a recyklaci;
- Materiály jsou zásadní pro oblast výkonové elektroniky, která se při řízení toku elektrické energie opírá o polovodičová zařízení (diody a tranzistory) a další elektrické komponenty (odpory, kondenzátory, indukory a transformátory).

Výzkumníci v oblasti výkonové elektroniky jsou neustále vedeni ke zlepšování účinnosti, hustoty výkonu a spolehlivosti měničů výkonové elektroniky prostřednictvím pokroků v materiálech, zařízeních, součástkách a technologiích integrace měničů. Pro dosažení těchto cílů jsou zvláště důležité nové širokopásmové materiály, karbid křemíku a nitrid galia.

c) Materiály pro udržitelný stavebnictví

- Materiály pro zlepšenou energetickou účinnost;
- Materiály se zvýšenou udržitelností a recyklací;
- Materiály s lepší uhlíkovou stopou produktu a celkové životnosti;
- Materiály s novými funkcemi (chytré materiály, nanomateriály);
- Lehká konstrukce a design pro hybridní konstrukce (např. kompozity, spoje a nátěry z lehkých kovů, kamenivo nebo provzdušněný autoklávový beton, vysoce výkonný beton pro snížení objemu a nákladů na údržbu);
- Lehké kompozitní pěny nebo nekonstrukční pěnobeton.
- Tepelně izolační materiály a infrastruktury (např. energeticky účinné masivní betonové konstrukce, použití materiálů s fázovou změnou a vysokou výkonnou aerogelové izolační materiály);
- Pokročilé materiály pro akumulaci tepelné energie a pro aplikace dálkového vytápění a chlazení;
- Multifunkční lehké materiály (včetně funkcionalizace pomocí nanotechnologie)
- Uhlíková vlákna nebo jiné pokročilé výztužné materiály pro snížení poptávky po betonu;
- Moderní izolační materiály.

d) Materiály pro udržitelnou dopravu

- Vozidla s nulovými emisemi;
- Pevné baterie pro elektromobily;
- Cenově konkureschopné systémy vodíkových palivových článků pro FCEV a přímé spalování vodíku pro leteckou a námořní dopravu
- Lehké multifunkční materiály a kompozity – nízká hmotnost pro účinnější vozidla a letadla;
- Vzhledem k rozvoji elektromobility je důležité řešit materiály pro permanentní magnety. Evropa v roce 2020 spotřebovala 16 kt vzácných zemin a většina z nich byla použita k výrobě permanentních magnetů (NdFeB). Úkol pro výzkum do roku 2030 vyvinout nové složení magnetů (fáze Nd₁Fe, NdFeMo, slitiny s vysokou entropií);
- Kovové prášky, funkční slitiny, keramické a intermetalické látky;
- Nanostrukturní a nanokompozitní materiály.

e) Materiály pro udržitelné zemědělství

- Vývoj účinných senzorů pro měření zralosti zemědělských produktů;
- Vývoj udržitelných a účinných biotechnologicky založených nebo biologicky odbouratelných polymerů v zemědělství a ochraně půdy;
- Vývoj pokročilých filtrů pro čištění vody a vzduchu.

f) Materiály pro udržitelný trh obalů

- Nové obnovitelné a recyklovatelné materiály a pro specifické aplikace biologicky odbouratelné a kompostovatelné materiály;
- Chytrá řešení pro sledování kvality produktů a prodloužení trvanlivosti.
- Náhrada karcinogenních, mutagenních a toxických látek pro reprodukci (CMR) a látek vzbuzujících velmi velké obavy z obalových přípravků (např. katalyzátory, přísady, změkčovadla).
- Design pro opětovné použití a recyklace.

g) Materiály pro zdravotnictví

- Nanovlákná;
- Pokročilé povrchy ve zdravotnictví a lékařství.
- Pokročilé materiály pro aditivní výrobu ve zdravotnictví, 3D tisk
- Funkční materiály pro zdravotnické aplikace;
- Syntézy tzv. „hostujících“ nano částic pro nanomedicinu.

h) Materiály pro textilní průmysl

- Pokročilá bio založená a obnovitelná vlákna a textilie pro funkční a technické aplikace;
- Udržitelné a z hlediska zdrojů efektivní multifunkční textilní povrchové inženýrství včetně biochemie pro spotřební výrobky a technické aplikace;
- Chytré textilie pro chytrá nositelná zařízení a velkoplošné povrchy a jejich efektivní integrace, výrobu a recyklace.

ch) Materiály pro trh domácí a osobní péče

- Alternativní aktivní a neaktivní složky založené na přírodních a udržitelných platformách;
- Materiály a design pro oběhovost a opětovné použití;
- Obnovitelné materiály a biotechnologické výrobní metody;
- Multifunkční povrchy, povlaky, funkce senzorů.

Tato prioritizace inovačních záměrů byla navržena zejména z hlediska potřeb navazujících odvětví. Ale i vlastní chemický průmysl potřebuje pro svůj efektivní a udržitelný rozvoj řadu pokročilých materiálů:

- Pokročilé katalyzátory, včetně bimetalových nanokatalyzátorů (např. vývoj efektivní transformace oxidu uhličitého na metanol s využitím hybridního nanobiokatalyzátoru);
- Náhradní suroviny za dosud úspěšně používané fosilní suroviny (např. z biotechnologických procesů nebo z recyklace odpadů);
- Antikorozi ochrana chemických zařízení;
- Enzymy, bakterie, houby.

Evropská komise ve své analýze situace v oblasti pokročilých materiálů mimo jiné konstatovala : 7)

- Vzhledem k tomu, že většina klíčových surovin, které evropský průmysl potřebuje, se vyrábí mimo Evropu, zažívá evropský průmysl rychle rostoucí globální konkurenci při zajišťování přístupu k těmto materiálům. Zpráva nabízí hloubkovou analýzu 6 strategických oblastí, kde je EU závislá na dovozu:
 - suroviny
 - baterie
 - aktivní farmaceutické složky
 - vodík
 - polovodiče
 - cloudové a koncové technologie
- Stále chybí legislativa pro nano materiály;
- Na úrovni EU chybí jednotná strategie a koordinace čtených aktiv v oblasti pokročilých materiálů. Výzkum se provádí v různých zemích často bez vzájemné spolupráce a rezervy jsou v uplatňování výsledků výzkumu v průmyslu. Proto EK podpořila novou iniciativu řady významných firem nazvaná Vision of the Materials 2030 Manifesto. Zde je i výzva, aby zainteresované strany těsně spojily přecházející výzkum s průmyslovými aplikacemi na inovačních trzích. Zároveň chystají zpracování evropskou mapu pro pokročilé materiály.
Vývoj materiálů lze urychlit pomocí digitálních technologií a pokročilých nástrojů pro modelování a charakterizaci, aby se podpořilo jejich rozšíření a přijetí v průmyslových hodnotových řetězcích a na trzích strategických inovací.

ČR patří ke světové špičce ve vývoji nových materiálů založených na výzkumu nanotechnologií. Velkých úspěchů dosahují naši vědci na poli využití nanotechnologií v medicíně, materiálovém inženýrství, při výrobě nanovláken i při prosazování nano produktů do technické praxe a mezi konečné spotřebitele. Existuje velké množství výzkumných prací, ne všechny se však dočkají průmyslové realizace.

Zabezpečení potřebných změn struktury průmyslu v ČR je nemyslitelné bez výrazné orientace na nové materiály s vyšší přidanou hodnotou. ČR disponuje širokou vědecko základnou v této oblasti. Nutná úzká spolupráce řady oborů. VaV v oblasti materiálového výzkumu je v ČR velmi rozvinutá a dosahuje mezinárodně uznatelné výsledky. Hlavní problém je v nalezení investorů, kteří tyto výsledky budou realizovat.

Zdroje:

1. Pokročilé materiály a nanotechnologie www.globetechinnovation.cz/index.php/cs/zamereni-cz/
2. Mlčoch A.: Pokročilé materiály – jedna z klíčových znalostních domén, přednáška na zasedání TAČR červen 2021
3. Roadmap Chemistry of Advanced Materials <https://chemistrynl.com/wp-content/uploads/2021/05/Roadmap-CoAM-2021-final>.
4. High-tech materials <https://www.michelin.com/en/activities/high-tech-materials/Bio-Medical-Materials-and-Engineering> <https://www.iospress.com> › catalog › journals › bio-1.10.2022

6. Materials 2030 Roadmap Draft, June 2022 <https://prod5.assets-cdn.io/event/7788/assets/8344205751-b86a937e20.pdf>

7. Advanced materials and chemicals

https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/industrial-research-and-innovation/key-enabling-technologies/advanced-materials-and-chemicals_e

8 MATERIALS 2030 MANIFESTO Systemic Approach of Advanced Materials for Prosperity – a 2030 Perspective

https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/research_and_innovation/research_by_area/documents/advanced-materials-2030-manifesto.pdf

4.7. Jaderná energetika

Základním předpokladem úspěšné realizace projektů k dekarbonizaci hospodářství a dalších transformačních projektů je dostatek elektrické energie za přijatelnou cenu. To se v současné době však nedaří, vysoké ceny energie blokují realizaci řady transformačních změn, navíc kriticky ohrožují udržitelnost řady klíčových průmyslových odvětví. **1)**

Z dlouhodobého pohledu představují OZE klíčové zdroje energie, v podmínkách ČR není realistické zajistit v současné době energetickou potřebu při zachování přijatelné ceny elektrické energie. Proto má tak významný význam rozvoj jaderné energetiky, na němž se podílí i VaV chemického průmyslu v rámci mezinárodní spolupráce. Jaderná energetika je jedním ze základních pilířů Energetické strategie ČR, jádro má být masivním stabilizačním prvkem české energetické politiky do dalších desetiletí. Oproti OZE je výroba energie z jádra predikovatelná a do určité míry říditelná, u výroby z jádra tedy odpadají náklady na akumulaci energie, očekává se, že jádro bude také možné v rostoucí míře použít ke stabilizaci elektrizační soustavy.

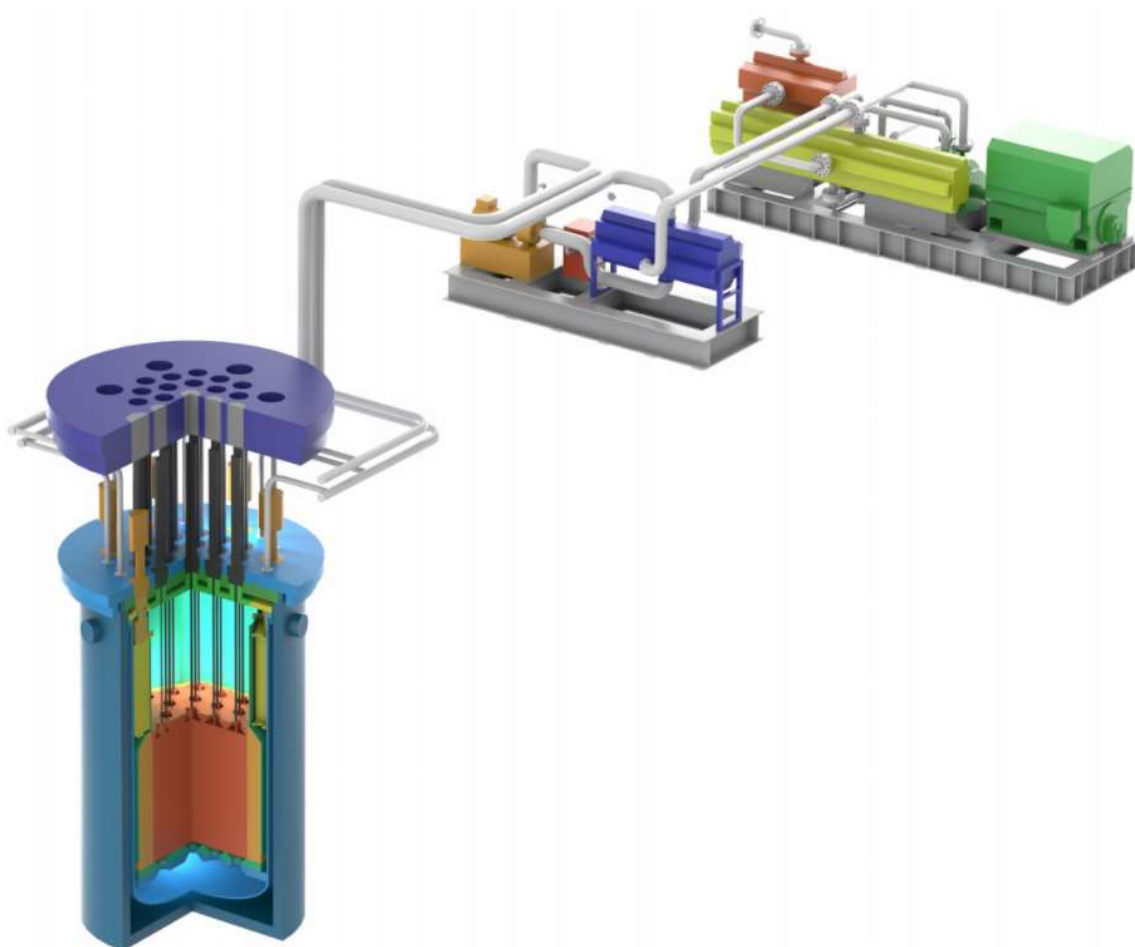
Spotřeba elektřiny prudce poroste a nové jaderné bloky v ČR budou pracovat nejdříve za patnáct let. Jaderná energetika získala v EU dočasně statut obnovitelných zdrojů elektřiny. V současné době představuje cca 37–40 % výroby elektřiny v ČR a do budoucna se počítá s podílem 46-58 %. Další návrh aktualizované Státní energetické koncepce ČR (SEK) by měl být zpracován do roku 2023.

Nejde jen o to včas nahradit uhelné elektrárny a nahradit využívání zemního plynu pro výrobu elektřiny. ČR se musí připravit na nárůst spotřeby elektřiny. Ten přichází s modernizací společnosti a s přechodem na moderní technologie – ať už jsou to tepelná čerpadla, elektrifikace automobilové dopravy nebo rozvoj výroby nízkouhlíkového vodíku, v další fázi pak elektrifikace nejenom chemického průmyslu. Současná roční spotřeba elektřiny v ČR se podle statistik pohybuje kolem 62 terawatthodin (TWh). I konzervativní scénáře růstu spotřeby počítají s tím, že ČR bude v roce 2050 potřebovat 80 TWh. Progresivní scénář, který odpovídá současným platným vládním dokumentům, už vykazuje v roce 2050 spotřebu přes 100 TWh, v roce 2030 už 80 TWh. Solární a větrné elektrárny nedokáží v ČR a ani v Německu ani při jejich výrazném růstu nejméně do roku 2030 nahradit tradiční zdroje energií. Podle některých energetických odborníků budeme muset dovážet energii ze zahraničí a svou energetickou bezpečnost spojit se společnou sítí Evropské unie. ČR bude v roce 2030 čistým dovozcem elektrické energie, jakkoliv je ještě dnes čistým vývozcem. **2) 3)**

Podobně jako obnovitelné zdroje přispívá k úspoře fosilních paliv i jádro, které navíc vyrábí elektřinu efektivněji a stabilně, bez neplánovaných výpadků. Budoucnost tohoto bezemisního zdroje je přitom v Evropě mnohem méně jasná než boom obnovitelných elektráren. Ani bateriová a vodíková akumulace nedokáže vyřešit problém se skladováním elektřiny. Nadále potřebujeme v soustavě klasické říditelné zdroje pro pokrytí poptávky v době, kdy obnovitelné zdroje neprodukují. Na této premise se do doby nějakého technologického průlomu, jímž mohou teoreticky být malé modulární reaktory, nic nezmění. Vláda ČR diskutuje o potřebě reagovat na současnou situaci a místo jednoho jaderného bloku v Dukovanech navrhuje postavit hned bloky dva v Dukovanech a dva v Temelíně a podporuje i rozvoj malých modulárních reaktorů (MJR). Technickými otázkami rozvoje MRJ se věnujeme v SVA 5 v kapitole 5.9. 4). Česko je v tomhle oboru v unikátní pozici. V ČR se momentálně vyvíjí hned několik typů malých modulárních reaktorů:

- Na 175megawattovém reaktoru David pracuje ostravská firma Witkowitz Group
- Centrum výzkumu Řež ze skupiny ČEZ navrhl koncept reaktoru CR-100 s teplotním výkonem 100 MW, určeným primárně pro teplárenství.
- Západočeská univerzita a ČVUT Praha vyvíjejí speciální jaderný Teplátor, určený pro teplárny. Využívá teplo, uvolněné z již ozářeného jaderného paliva. Jde spíše o sofistikovaný tepelný výměník než o jaderný reaktor.
- David, tlakovodní reaktor (Czechatom)
- Energy Well, chlazený tekutými solemi (Centrum výzkumu Řež)
- HeFASTo, plynem chlazený rychlý reaktor (ÚJV Řež)

Na následujícím obrázku je (se svolením Centra výzkumu Řež) pro ilustraci uveden návrh reaktoru EnergyWell.



První čtyři projekty stojí na tradiční koncepci tlakovodních reaktorů, jaké známe z Dukovan či Temelína. Dokonce plánují využívat palivo z dnes používaných reaktorů VVER. Dva zbývající projekty z Řeže představují pokročilou 4. generaci reaktorů. Skutečně malý (20 MW tepelného výkonu) Energy Well využívá jako chladivo tekutou fluoridovou sůl, desetkrát výkonnější HeFASTo má být chlazen heliem. Zvláště u pokročilých reaktorů Energy Well a HeFASTo bude k prvním prototypům hodně dlouhá cesta. Jen pro představu: projekt Energy Well začal kolem roku 2015 a teprve někdy počátkem 30. let má být k dispozici jeho experimentální verze. Skupina ČEZ má podepsaná memoranda o spolupráci už se sedmi společnostmi z USA, Francie, Velké Británie a Kanady, které mají v pokročilé fázi vlastní vývojové projekty malých reaktorů. Na trh by první z nich mohly přijít na přelomu 20. a 30. let.

V rámci aktualizace SEK v jaderné oblasti vidíme zapojení malých modulárních reaktorů jako jedno z nových důležitých témat, včetně podpory jejich vývoje. V Temelíně vznikne do roku 2032 první malý modulární reaktor v ČR v rámci jihočeského jaderného parku South Bohemian Nuclear Park. Jedním z partnerů bude ÚJV Řež.

Vedle ČEZ jejich využití v ČR do budoucna plánuje Moravskoslezský kraj, největší česká petrochemická firma Orlen Unipetrol a také skupina SEV.EN ENERGY AG. Nepředpokládá se, že by se v České republice vyráběly celé malé modulární reaktory. Nicméně bude se usilovat o to, aby se české firmy jako ÚJV Řež či Škoda JS do dodavatelského řetězce zapojily.

Uložiště jaderného odpadu

V ČR se ročně vyprodukuje přibližně 450 tun nízko a středněaktivních odpadů (45 gramů na obyvatele), které pocházejí ze zdravotnictví, výzkumu a dalších jaderných technologií. Vyhořelé jaderné palivo z našich jaderných elektráren (Temelín a Dukovany) pak tvoří necelých 100 tun vysokoaktivních odpadů, tedy necelých 10 gramů na obyvatele za rok. U vysokoaktivních odpadů a vyhořelého jaderného paliva je situace složitější. Pro tyto odpady se plánuje do roku 2065 vybudovat hlubinné úložiště (700–1000 m). Vyhořelé jaderné palivo se do této doby nejprve dochlazuje ve speciálních bazénech poblíž reaktoru, odkud se poté na několik desetiletí uskladní do tzv. meziskladů v prostorách elektráren. V ČR je ukládání radioaktivních odpadů v gesci SÚRAO a kontroly provádí SÚJB. Činnosti těchto institucí jsou financovány z tzv. jaderného účtu, který je vedený u ČNB a spravovaný ministerstvem financí. Na tento účet odvádí producenti odpadů poplatky za ukládání a jaderné elektrárny si zde „předplácí“ budoucí uložení vyhořelého jaderného paliva (50 Kč za vyrobenou MWh v jaderných elektrárnách).

Hlavní výzvy pro českou jadernou energetiku:

- Dostavba JE Dukovany, popř. výstavba dalších jaderných zdrojů v Dukovanech a Temelíně
- Vybudování úložiště jaderného odpadu
- Komeracionalizace malých modulárních reaktorů
- Zpracování jaderného odpadu
- Zřejmě až po roce 2060 zvládnutí jaderné fúze

Tabulka č. 9 Hlavní aktivity jaderné energetiky v ČR

Aktivity	2022-2030	2030-2050	2050-2060
Energetická strategie ČR	Aktuální verze energetické strategie	Aktualizace energetické strategie ČR	Příprava na uplatnění jaderné fúze
Jaderné elektrárny 5)	Příprava dostavby JE Dukovany	Dostavba JE Dukovany	Výstavba dalších jaderných zdrojů
Modulární jaderné reaktory	Ověřování prototypů SMR /např. v rámci	Komeracionalizace malých modulárních reaktorů (např. ČEZ v Temelíně) Reaktor Energy Well	SMR Orlen Unipetrol a Severní Morava Sev.En Energy AG
Zpracování vyhořelého jaderného paliva	Výzkum možností jeho využití	Pokračování ve vývoji	Komeracionalizace využití vyhořelého jaderného paliva
Nové palivo pro JE		Thorium + uran 6)	JR 4. generace
Úložiště jaderného odpadu	Výběr vhodné lokality	Budování hlubinného úložiště	Hlubinné úložiště jaderného odpadu
Jaderná fúze 7)			komeracionalizace

Ani intenzivní rozvoj zdrojů OZE a dovozu zkapalněného plynu bez rozvoje jaderné energetiky nemůže v budoucnu zajistit potřebnou energetickou soběstačnost ČR. Rozvoj jaderné energetiky je spojen s řadou technických, a hlavně ekonomických problémů, protože se jedná o vysoce finančně a časově náročné investice.

V oblasti tvorby dlouhodobých koncepčních dokumentů v jaderné energetice je aktivní Technologická platforma Udržitelná energetika ČR (www.tpue.cz).

Ve studii Deloitte **8)** se uvádí, že jádro zůstává stále hlavním bezemisním zdrojem dodávek elektřiny v rámci ČR. Nově připravované zdroje dokážou pokrýt očekávaný nárůst spotřeby elektřiny na cca 70 TWh ročně v roce 2030 v rámci ČR, a to emisně neutrálním způsobem. Očekávaný růst spotřeby je způsoben demografií, rozvojem elektromobility, instalací tepelných čerpadel a elektrifikací průmyslu (např. ocelářství). Z toho pohledu je nezbytné pokračovat intenzivně na prosazování jádra jako klíčového zdroje pro net-zero v rámci sektoru energetiky, a to i v delším horizontu. Z pohledu zdrojové základny ČR je možné rozvíjet nově budované jaderné zdroje následovně:

- Do roku 2038 Jaderná elektrárna Dukovany – blok 5, (1200 megawattů)
- Do roku 2045 Jaderná elektrárna Temelín – bloky 3-4,
- Do roku 2055 Jaderná elektrárna Dukovany – blok 6.

Rozvoj jaderné energetiky tak, aby zajistila významnou část pokrytí spotřeby energie, umožnila náhradu stávajících dosluhujících uhelných zdrojů bez ztráty energetické soběstačnosti, a přitom dala prostor využití vodíku právě pro aplikaci náhrady zemního plynu v průmyslových odvětvích. Poslední informace z ČEZ: „Jaderný program jsme nyní připraveni udělat v podstatně širším měřítku než jeden dukovanský blok. Diskuse není dokončena, ale vypadá to na čtyři velké bloky, dva v Dukovanech, dva v Temelíně, a k tomu portfolio malých modulárních reaktorů. U nich jsme urychlili přípravné aktivity tak, abychom měli šanci první z nich uvést do provozu už kolem roku 2032.“

Zdroje:

1. <https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/jaderne-elektřiny/jaderna-elektřina-podrobne/male-a-mikro-reaktory/vyklad>
2. https://finmag.penize.cz/politika/436946-jaderna-velmoc-cesko-to-nas-driv-ubije-vlastni-spotreba?utm_source=www.seznam.cz&utm_medium=sekce-z-internetu#dop_ab_variant=821930&dop_source_zone_name=hpfeed.sznhp.ox
3. Kubátová Z. Konec zelených snů. Bez plynu a uhlí se do začátku 30. let neobejdeme, Seznam zprávy 1.10.2022
4. Strategická výzkumná agenda SUSCHEM CZ, verze 5, listopad 2022
5. What is Uranium Investing , Investing News Network duben 2022
6. Are Thorium Reactors the Future of Nuclear Energy? Investing News Network inn@investingnews.com 8.7.2022
7. Evropská cestovní mapa pro realizaci fúzní energetiky, <https://www.eurofusion.org/eurofusion/roadmap/>
8. Studie dopadů balíčku Fit for 55 na hospodářství ČR, Deloitte pro MPO ČR, Situační zpráva, duben 2022

4.8. Chemie 4.0

Záměry v oblasti klimatických změn, bezpečnosti ve využívání chemikálií, rostoucí deficit kriticky ohrožených surovin a vody, ale také rostoucí populace vyžadují zásadní urychlení technologického vývoje na vyšší technologické úrovni a zcela nové koncepce.

V ČR byl schválen Program digitální Česko již v roce 2018.1)

Uplatnění konceptu Průmysl 4.0 v chemickém průmyslu je mimořádné. Nejde jen o zdokonalené vizualizace dat o probíhajících operacích, ale především o využití získávaných dat k optimalizaci procesů díky umělé inteligenci. Inteligentní řízení technologií pomůže v řízení spotřeby, dokáže predikovat, kdy a jak jsme schopni energii ze Slunce vyrobit. Robotizace zase umožňuje zrušení opakujících se fyzicky namáhavých činností jako je např. balení a expedice produkce. Dnes již neexistuje ostrá hranice mezi chemií a ostatními obory. Díky moderním dodavatelsko-odběratelských řetězcům je to propojeno, a právě vzájemná synergie je hnacím motorem dalších inovací.

Obvykle mluvíme o konceptu Chemistry 4.0. Po industrializaci a chemii uhlí (Chemie 1.0), vzniku petrochemie (Chemie 2.0) a rostoucí globalizaci a specializaci (Chemie 3.0) vstupuje chemický průmysl do nové fáze s Chemií 4.0, ve které hraje digitalizace, cirkulární ekonomika a udržitelnost klíčovou roli. Filosofie Chemistry 4.0 zahrnuje transparentnost a digitální procesy, přepracování designu, výroba šetrná ke zdrojům a klimatu a digitální obchodní modely.

- Digitální obchodní modely.

Tyto modely nahrazují stávající procesy a obchodní modely. Produkty a služby jsou digitálně rozšířeny, aby se zvýšila užitečnost u zákazníků. Jedním z příkladů takového obchodního režimu je aditivní výroba v oblasti zemědělství nebo v obchodu s katalyzátory. Jedním z nových obchodních modelů je chemický leasing. Výrobci chemikálie neprodávají, ale po použití zákazníkem výrobek odebírají zpět a přepracují v souladu se standardy chemického leasingu **3**). V tomto obchodním modelu souvisejícím se službami, často založeném na hodnotách, mohou chemické společnosti aktivně přispívat svými odbornými znalostmi a technickými znalostmi k optimalizaci výrobních procesů svých zákazníků. Typické pro obchodování s katalyzátory, kde výrobci procesních katalyzátorů stále více přecházejí k modelům s „platbou za výkon“, místo aby jednoduše prodávali produkt. Zůstat ve spojení s používaným katalyzátorem umožňuje výrobcí katalyzátoru optimalizovat výrobní proces svých zákazníků a představuje příležitost vybudovat rozsáhlou a hodnotnou znalostní základnu, kterou lze použít ke zlepšení využití katalyzátoru napříč jeho zákaznickou základnou a zpoplatnění služby.

V oblasti cirkulární ekonomiky se jedná zejména o:

- Transparentnost a digitální procesy.

Ty zahrnují využití komplexních procesních dat dostupných v rámci organizace ke zvýšení efektivity do značné míry nezměněných výrobních procesů a obchodních modelů. Jednou z oblastí, kde se tato data používají, je automatizace výrobního procesu. Provozní modely jsou založeny na datech. Tyto modely využívají provozní velká data, externí data a pokročilé metody analýzy pro lepší rozhodování a zvýšení efektivity. Chemický

průmysl je poháněn prediktivní údržbou, síťovou logistikou a aplikací konceptů z virtuální reality.

- Přepřacování designu

Při vývoji a navrhování produktu (složení a design produktu) je třeba vzít v úvahu a optimalizovat všechny aspekty oběhového hospodářství v průběhu celého životního cyklu produktu od výroby přes aplikaci až po potenciální recyklaci. Musí být zohledněny různé aspekty, jako je schopnost „od návrhu po recyklaci“, jakož i výkon a životnost chemických produktů ve výrobním procesu zákazníka i při aplikaci koncovým zákazníkem („design-to-performance“) považovány za celek. Je třeba vycházet ze Strategie udržitelnosti chemických látek.

Jako příklad může sloužit vývoj v oblasti baterií. Největší dopad Průmyslu 4.0 se projevuje nárůstem v polovodičovém průmyslu – odvětví, které je zodpovědné za pokrok v nových technologiích pro digitalizovanou éru. Rychlý růst poptávky po digitálních technologiích se setkává se stále napjatějšími dodavatelskými řetězci. Na druhé straně získávání a výroba materiálů pro vysoce kvalitní polovodiče je stále náročnější. A jelikož jsou polovodiče považovány za klíčovou součást příští generace technologií, nalezení etických cest k získávání materiálů pomůže řídit vývoj nástrojů zítřka. Nedávný vývoj výkonné elektroniky přináší nové požadavky na polovodiče, nové úkoly pro chemický výzkum ve vývoji nových pokročilých materiálů, zkoumá se nová chemie a materiály, které by přinesly nejnovější pokroky ve vývoji elektronických zařízení. Extrémní nárůst ceny kobaltu byl podnětem pro chemický výzkum, který přišel s částečnou náhradou kobaltu relativně levnějším niklem nebo s podporou dalšího vývoje nových druhů baterií (např. pevnolátkové baterie nebo lithium-železo fosfátových článků.) Nejnovější prognóza BNEF je, že poptávka po kobaltu i tak vzroste do konce desetiletí o 28 % na více než 150 000 /r.

Dalším příkladem může být vývoj tištěných fotovoltaických panelů, které jsou novou slibnou technologií. Slibují minimální cenu, nízkou hmotnost a velkou rychlost produkce. Tištěné panely nabídnou řadu výhod. Jednak jsou lehké a flexibilní, ale především levné. Vzhledem k tomu, že více než 99 % panelů tvoří PET (polyethylentereftalát), lze materiál snadno recyklovat bez jakékoliv demontáže kompozitních prvků, což je oproti klasickému provedení panelů výrazná přednost.

- Výroba šetrná ke zdrojům a klimatu

Výroba chemikálií a materiálů s efektivním a klimaticky šetrným využíváním zdrojů a do značné míry zamezením plýtvání v celém chemickém hodnotovém řetězci: od správy majetku přes optimalizaci skladování a dopravy až po efektivní nakládání s odpady a odpadními voda.

Příkladem je využití digitalizace ke zvýšení energetické účinnosti krakování ropy a tím snížení produkce CO₂ (např. MOL a Linde Engineering digitalizují provoz krakování na etylenové jednotce MOL v Maďarsku).

- Digitální obchodní modely.

Tyto modely nahrazují stávající procesy a obchodní modely a produkty a služby jsou digitálně rozšířeny, aby se zvýšila užitečnost zákazníků. Jedním z příkladů takového obchodního režimu je aditivní výroba v oblasti zemědělství nebo v oblasti katalyzátorů.

- Recyklace.

Materiály a chemikálie lze recyklovat na úrovni materiálu nebo surovin (chemická recyklace). Jsou tedy buď mechanicky rozemlety, čištěny a tříděny, nebo rozloženy na organické suroviny, filtrovány a zpracovávány na nové chemikálie nebo materiály.

- Rekuperace energie.

Další důležitou složkou oběhového hospodářství je využití odpadních toků s využitím energie, jako je teplo, pára nebo elektřina. Energeticky využitý odpad nahrazuje fosilní zdroje plynu a ropy jako nosiče energie, které lze naopak využít jako suroviny v chemické výrobě.

- Čištění a snižování dopadu na životní prostředí.

Účinky chemikálií uvolněných do životního prostředí po zamýšleném použití musí být minimalizovány. Zde má zásadní význam biologický degradační potenciál a také snížení zbytkových množství v odpadních vodách.

- Odstraňování zbytků.

Dokud nebudou společně nalezena nová, udržitelná řešení, která zabrání hromadění zbytků, je řízená a správná likvidace „zbytkového průmyslového odpadu“ nevyhnutelného a také aspektem oběhového hospodářství.

Investice do digitalizace mají zásadní význam pro růst všech průmyslových firem bez ohledu na jejich velikost nebo odvětví. Je to velká příležitost pro MSP, jak to prokázaly některé firmy se zavedenou aditivní výrobou při pandemii Covid 19 a operativně byly schopné přinést na trh potřebné ochranné prostředky. Očekává se i zlepšení kvality výrobků, prodloužení jejich životnosti a urychlení vývoje a zavádění výsledků výzkumu do praxe.

Nová studie Deloitte zpracovaná ve spolupráci s VCI ukazuje, jak chemický průmysl prochází obrovskou transformací, kde klíčovou roli hraje digitalizace a oběhové hospodářství. **2)** Studie také identifikovala řadu trendů, které budou důležité pro chemický průmysl do roku 2030.

Tabulka č.10 Základní charakteristika Chemistry 4.0 podle studie Deloitte

Oblast	Opatření
Hnací mechanismy pro transformaci	Digitální revoluce, udržitelnost, ochrana klimatu, růst konkurence, uzavírání materiálových cyklů
Energie	Tištěné fotovoltaické panely Rozvoj výroby vodíku
Suroviny	Intenzivní využívání dat, recyklace odpadů obsahujících uhlík, H ₂ z obnovitelných zdrojů energie v kombinaci s CO ₂ používaným k výrobě základních chemikálií

Technologie	Digitalizace výrobních procesů Nové procesy syntézy a výroby prostřednictvím biotechnologií a genových technologií, rozšiřování jednotlivých procesů
Výzkum	Decentralizace R&D na zákaznických trzích, využití Big Data, společný vývoj se zákazníky
Struktura společnosti	Flexibilnější spolupráce jako součást ekonomických sítí, digitálních obchodních modelů a konsolidace. Využití inovační síly chemického průmyslu, zejména dobře rozvinutých zákaznický orientovaných středně velkých podniků jsou klíčovými faktory úspěchu
Produkty	Rozšíření spektra tvorby hodnot: Chemický sektor se stává dodavatelem rozsáhlých a udržitelných řešení pro zákazníky, životní prostředí a recyklaci, řešení transformace energetiky
Životní prostředí, zdraví a bezpečnost	Společně s Chemie 3.0 (ekologie, ekonomika a sociální věci) se udržitelnost stává komplexním modelem a konceptem budoucnosti pro průmysl

Jednou z firem, která má implementaci Chemistry 4.0 nejlépe rozpracovanou je německá firma BASF **3**). Pokročilé technologie relevantní pro chemický průmysl – jako je internet věcí (IoT), pokročilé materiály, aditivní výroba, pokročilá analytika, umělá inteligence a robotika – společně dosáhly úrovně nákladů a výkon, který umožňuje rozšířené aplikace. Inteligentní výroba, známá také jako „inteligentní továrna“, kombinuje IT, jako je IoT, umělá inteligence a pokročilá analytika, s předvídáním a diagnostikou možných poruch. Díky tomu může inteligentní zařízení odesílat provozovatelům zařízení zprávy o jakékoli požadované údržbě, potenciálních poruchách a harmonogramech objednávání a dodávek dílů. To výrobcům umožňuje vývoj od plánovaných nebo reaktivních oprav k prediktivní údržbě. Rovněž lze sbírat, porovnávat a používat data z podobných zařízení instalovaných na různých místech pro prediktivní údržbu, optimalizaci výkonu a návrh nových zařízení. Současné předávání informací o výkonu stroje chemickým společnostem a výrobcům zařízení může také zlepšit výkon následného obchodu. Zařízení, které pracuje podle výkonnostní smlouvy, vydělává dohodnutou platbu, zatímco platby za zařízení s poruchami nebo poruchami na začátku slibovaného životního cyklu jsou nižší. Taková opatření jsou obzvláště důležitá pro chemický průmysl, kde je zařízení sofistikované a drahé. Od digitalizace se očekává snížení nákladů, vyšší kvalita výroby, flexibilita a rychlejší reagování na stále rostoucí a individualizované požadavky zákazníků. Vzhledem k tomu, že se komerční vývoj projevuje, může chemický průmysl používat programovatelné materiály pro vytváření nových produktů pro zákazníky v odvětví leteckého a kosmického průmyslu, automobilového průmyslu, stavebnictví a zdravotnictví, které využívají nových příjmových toků.

Čtvrtá průmyslová revoluce Průmysl 4.0 má potenciál zlepšit kvalitu života obyvatel na celém světě. S novými inovacemi, jako jsou 5G sítě, průmyslový internet věcí (IIoT) a umělá inteligence (AI), hraje chemický průmysl důležitou roli jako dodavatel nových podpůrných materiálů. Výsledné inovace poskytují chytřejší výrobní metody, budují pevnější vztahy se zákazníky a inspirují stále rychlejší inovace.

Příklady z ČR:

Společnost ZAT a.s. Příbram **5)** přední evropský výrobce řídicích systémů pro energetiku a průmysl, dodá svůj systém řízení regulačních tyčí na pátý a šestý blok jaderné elektrárny Pakš II v Maďarsku. Projekt realizuje ve spolupráci s francouzským koncernem Framatome. Jde o další dodávku jejich řídicího systému SandRA na jaderné elektrárny v Maďarsku. Po jejím dokončení v roce 2027 tak budou všechny jaderné elektrárny zemí Visegrádské skupiny využívat český řídicí systém společnosti ZAT. ZAT dodá na Pakš II vlastní řídicí systém SandRA, obsahující speciální bezpečnostní funkce dle požadavků evropských regulačních orgánů.

V oblasti jaderné energetiky patří ZAT mezi významné světové dodavatele. Vytváří, vyrábí a dodává řídicí systémy zejména pro velké jaderné reaktory typu VVER 1200, VVER 1000, VVER 440 a EPR 1300. Řídicí systémy společnosti ZAT rovněž řídí malé nebo výzkumné reaktory a související jaderné technologie. Firma se podílí i na vývoji jaderného reaktoru IV. generace. Řídicí systémy ZAT jsou dnes využívány na 37 jaderných blocích v 7 zemích, konkrétně ve Francii, Ukrajině, Slovensku, Maďarsku, Finsku, České republice a Arménii. V současné době má firma rozpracované dodávky řídicího systému pro 3 reaktory VVER 440 a 5 reaktorů typu VVER 1200. Celkově jsou řídicí systémy a know-how ZAT nasazeny na 30 procentech jaderných elektráren v EU a 10 procentech ve světě.

Dynamický rozvoj robotizace, uplatňování internetu věcí a dalších forem digitalizace, přispěje ke zvýšení efektivnosti prvovýroby v zemědělství a k řešení chronického nedostatku pracovníků. Již dnes se zkušebně ověřují různé robotické zemědělské stroje.

Česká technologická firma digitalizuje státy světa **6)**. Společnost Easy Software, český vývojář nástrojů pro projektové řízení, úspěšně dokončil pilotní projekt nasazení jejich softwaru pro řízení více než 40 tisíc projektů v rámci státní správy Kazachstánu. Nyní je firma připravena stejný systém nabídnout dalším státům, municipalitám nebo státním společnostem. Projekt trval dva roky a čeští vývojáři na něm spolupracovali přímo s kazašskou Národní projektovou kanceláří, která své nástroje Easy Project a Easy Redmine poskytuje více než 3 500 organizacím po celém světě. může nově podpořit i digitalizaci státní správy. Softwarová společnost své služby poskytuje více než 3 500 organizacím po celém světě.

Revoluční změny v energetice, dopravě, pokrok ve zdravotnictví a farmacii, změny obchodních modelů ukazují sílu Chemie 4.0, která zásadně mění způsoby, jak fungují průmyslová odvětví využívající chemikálie, a přináší lidem na celém světě lepší budoucnost. Zásadní dopad má tato strategie i na proces vědeckého objevování a inovace transformujícími průmysl. **7)**

Základem je změna myšlení. Bez jasně stanové vize a směru, jakým se bude firma nebo instituce ubírat, se opravdu nedá hnout z místa. U firem je to jednodušší v tom, že ty mají zájem na tom, aby fungovaly, aby generovaly zisk. U státních orgánů je to složitější.

Rostoucí automatizace a digitalizace neznámá pokles pracovníků, ale naopak. Firmy potřebují vzdělané techniky a pracovníky, kteří přijmou to, že součástí pracovní doby je také učení. Vznikají nová místa, která vyžadují nové výrobní procesy a jejich propojování s

dopravními a energetickými systémy. Ne všechny české podniky jsou na Průmysl 4.0 připraveny, musíme také uvést, že na to není připraveno ani české školství. Ty hlavní důvody jsou dva – vysoké investice s dlouhou návratností a nízké kompetence lidí. Pro tento typ průmyslové revoluce potřebujeme lidi s vysokou kvalifikací, se širokým rozhledem. Bez vzdělání a kvalitních škol to nejde. Dnes není vůbec jednoduché najít kvalifikované a kvalitně vzdělané budoucí pracovníky.

Uhlíková neutralita je nejnákladnější plán, do kterého se kdy svět pustil. Jen na vybudování infrastruktury obnovitelných zdrojů padne podle konzultační firmy McKinsey v příštích třech desetiletích víc než pět bilionů dolarů (téměř 126 bilionů Kč) každý rok. To je víc než jedna třetina celosvětového daňového příjmu. Evropská unie už dneska jen na dotacích na podporu obnovitelných zdrojů platí 69 miliard eur (bezmála 1,7 bilionu Kč) ročně. **8)** Cenová konkureschopnost primárních materiálů ve srovnání s recyklovaným materiálem prostřednictvím mechanických recyklačních procesů, jakož i nedostatečná podpora pro vytvoření recyklovaných koncových trhů po spotřebě představují silné ekonomické překážky pro projekt cirkulární ekonomiky. Nový akční plán pro oběhové hospodářství ukazuje cestu ke klimaticky neutrálnímu konkureschopnému hospodářství tím, že mění způsob, jakým vyrábíme a spotřebováváme, spolu s iniciativami na modernizaci a transformaci našeho hospodářství a zároveň na ochranu životního prostředí. **9)**

Naše doporučení:

- Zapracování Chemistry 4.0 do dlouhodobé strategie transformace na nízko uhlíkové a digitální ekonomiku. To se týká nejenom výrobních podniků, ale i vysokých škol a výzkumných pracovišť s respektováním jejich specifik.
- Přehodnotit studijní programy na vysokých školách
- V souvislosti s digitalizací a automatizací výroby je třeba se zaměřit na provozní a počítačovou bezpečnost.

Zdroje :

1. Program digitální Česko schválený vládou ČR 3. října 2018
2. Chemistry 4.0- Growth through innovation in a transforming world, studie Deloitte ve spolupráci s VCI, <https://www2.deloitte.com/global/en/pages/consumer-industrial-products/articles/cip-chemistry.html>
3. BASF: Chemistry 4.0 – sustainable and digital [https://www.basf.com/global/en/who-we-are/sustainability/what](https://www.basf.com/global/en/who-we-are/sustainability/what-we-are/sustainability/what-new/sustainability-news/2018/chemistry-sustainable-and-digital.html)
4. [new/sustainability-news/2018/chemistry-sustainable-and-digital.html](https://www.basf.com/global/en/who-we-are/sustainability/what-new/sustainability-news/2018/chemistry-sustainable-and-digital.html) January 18, 2018
5. [roklen24.cz/?quick_news=ceska-spolecnost-zat-dosahla-rekordniho-objemu-nov...](https://www.raklen24.cz/?quick_news=ceska-spolecnost-zat-dosahla-rekordniho-objemu-nov...) 16. srpna 2022
6. <https://www.easysoftware.com>
7. Brown P. a Brownsell A.: Welcome to Chemistry 4.0 <https://www.chemistryworld.com/chemistry-40/welcome-to-chemistry-40/4013370.article> 29.3.2021
8. https://finmag.penize.cz/politika/436987-lomborg-svet-se-zblaznil-ceka-nas-chaos-zeleny-diktat-vitezi-nad-rozumem?utm_source=www.seznam.cz&utm_medium=sekce-z-internetu#dop_ab_variant=6&dop_source_zone_name=hpfeed.sznhp.box

9. Novák L, Šilhan M. a Hanika J. Přechodová cesta chemického průmyslu EU, Chemické listy 11/2022 (v tisku).

4.9. Průmyslová biotechnologie

Průmyslová biotechnologie (PB) zahrnuje využívání biologických zdrojů pro zpracování a výrobu enzymů, chemikálií, materiálů a energie. Je uznávána jako klíčová technologie, která může přispět k průlomovým metodám k dosažení zcela nových funkcí a výkonů. PB již přinesla značné výhody prostřednictvím produktů od antibiotik a vakcín po biopaliva, plasty, potraviny a krmiva, jakož i prostřednictvím recyklace odpadů a snížení spotřeby energie na výrobu chemikálií a dalších materiálů. Biotechnologie čeká v následujících letech velký rozmach.

PB je klíčovým faktorem dekarbonizace a hnací silou bio a cirkulární ekonomiky. Jeho transformační technologie mají potenciál změnit náš vztah ke zdrojům, které používáme, a otevřít zcela nový prostor pro inspirativní řešení, která zlepšují naše životy. Dnes jsme svědky začátku skokových změn ve výrobě, které to umožňuje právě PB. Biopaliva a PB v zemědělství mají největší vyhlídky na snížení CO₂ během 3–5 let.

Průmyslové biotechnologie zahrnuje celou řadu nových možností, jak řešit výzvy pro zajištění udržitelnosti jako jsou biokatalyzátory, bioreaktory, biopaliva, biopesticidy a biohnojiva, nová pokročilá léčiva a biofarmaka. Vyvíjejí se biokatalyzátory, které budou lepší, rychlejší a lacinější než běžné chemické katalyzátory. Dalším příkladem je biologická produkce metanolu z odpadního metanu. Šlechtění a kultivace nových typů mikroorganismů pro účinné a selektivní realizace nových chemických produktů pro potravinářství, zemědělství, kosmetiku, agrochemikálií a další odvětví. Biotechnologické procesy mohou mít potenciál v produkci energie, zvláště pak v náhradě obnovitelných rostlinných biomas využívaných jako zdroj potravin. To bude záviset na schopnosti enzymů degradovat celulózu rostlinné biomasy a na vytvoření metod, jak recyklovat nebo likvidovat spotřebovanou biomasu.

Potenciál velkého dopadu na mnoho hodnotových řetězců produktů je další výhodou nahrazení fosilních zdrojů obnovitelnými surovinami pro výrobu stávajících monomerů. Některé široce používané chemikálie mají trhy s velkými objemy milionů tun ročně. Vývoj konkurenčních biologických procesů má pro tyto chemikálie velké důsledky, protože to znamená, že je lze nahradit „u zdroje“. To pak umožňuje všem produktům vyrobeným z těchto chemikálií pocházejících z obnovitelných zdrojů zdědit svůj zlepšený profil udržitelnosti.

Zajímavým aspektem rostoucích schopností v programovací biologii je to, že poskytuje příležitosti pro navrhování nových, účelově vhodných a vylepšených materiálů s požadovanými vlastnostmi. Vytváření nových materiálů, které umožňují tenčí a lehčí balení nápojů, znamená, že se spotřebuje méně materiálu a pracují na něm společnosti jako Avantium a DuPont. Tyto materiálové inovace usnadňují nové technologie pro výrobu určitých chemikálií nebo monomerů z biologických surovin, které tvoří klíčové složky nových polymerů a materiálů. Výsledkem může být materiál z biologických zdrojů, který vykazuje

zlepšené funkční vlastnosti a je vhodný pro řadu aplikací. Biologii mezitím využívají Bolt Threads a Modern Meadow k přímé výrobě materiálů, které by se mohly stát náhradou hedvábí a kůže. Tyto nové materiály mohou nejen snížit spotřebu energie a/nebo hromadění odpadu, ale mohou být také vyráběny z obnovitelných zdrojů, čímž se dále snižuje ekologická stopa (např. emise skleníkových plynů) a zvyšuje se jejich přínos.

Design pro lepší životní cykly 2)

Chcete-li vyrobit produkt s dobrým výsledkem na konci životnosti produktu, musíme začít s promyšlenějším návrhem. Více lze udělat pro informace a podporu produktových designérů při jejich hodnocení použití různých materiálů, včetně podrobnějších znalostí o jejich složkách a způsobu jejich výroby (jejich příběh na počátku životnosti), jejich degradaci či trvanlivosti a jejich dopad na životní cyklus. Mohou a měly by být zahrnuty informace o možnostech konce životnosti produktu, včetně toho, jak lze zvolit materiály, které jsou kompostovatelné, kde je to žádoucí, nebo na druhé straně produkty s vysokou trvanlivostí a stabilitou. Stejně typy informací jsou výhodné pro výrobce, protože mohou ovlivnit své dodavatele.

Vývoj nových enzymů schopných rozkládat materiály za daných podmínek specifických prostředí může poskytnout pomoc při řešení složitých problémů na konci životnosti produktu. Příkladem jsou nedávno objevené enzymy a mikroorganismy, které by mohly potenciálně degradovat polyestery včetně polyethylentereftalátu (PET). To bude zajímavá oblast, kterou je třeba sledovat pro další vývoj.

Potenciál biologie spočívá v řešení prostřednictvím na míru navržených organismů a procesů, které mohou být schopny přímo transformovat různé toky odpadů na vysoce hodnotné, široce používané chemikálie. Tyto technologie mohou být schopny pokročit směrem k uzavření smyčky a vytváření nových produktů ze starých směrem k v oběhovému hospodářství.

Biokatalýza biologickými katalyzátory enzymy, podporovaná ko-faktory, je odvěký základ mnohých biotechnologických procesů. Je to především fotosyntéza, složitý biochemický proces, při kterém se mění přijatá energie světelného záření na energii chemických vazeb. Využívá se tak slunečního záření k syntéze energeticky bohatých organických sloučenin – cukrů – a to z jednoduchých anorganických látek – především oxidu uhličitého (CO₂) a vody za účasti pigmentu chlorofylu, absorbentu záření. Fotosyntéza má zásadní význam pro život na Zemi. Fotosyntéza probíhá v chloroplastech zelených rostlin a mnohých dalších eukaryotických organismů (různé řasy), ale také v buňkách sinic a některých dalších bakterií. V jednom z kroků fotosyntézy je to právě enzym rubisco aktivující oxid uhličitý, nejrozšířenější protein na Zemi. Fotosyntéza funguje dodnes jako první pilíř biotechnologie a vytváří biomasu, kterou exploatujeme biorafinací, která poskytuje zdroj uhlíku pro mikroorganismy jako pro druhý pilíř biotechnologie.

Využití biokatalyzátorů pro chemickou výrobu pokrývá dnes vysoce vyvinutá aplikovaná věda. Enzymy i celé buňky se využívají pro katalýzu organických reakcí, snad nejobecnější případ je kvasinkami zprostředkovaná transformace cukrů na alkoholy. Nejvíce využívanou skupinou biokatalyzátorů jsou lipázy, hydrolyzující tuky na mastné kyseliny, nebo pro syntézu esterů a amidů z nich, což se využívá v potravinářství, syntéze chemikálií a produkci biopaliv. Jako enzymové katalyzátory se hojně aplikují proteázy, celulózy a amylázy, pro hydrolýzu

proteinů, celulózy a škrobu. Za zmínku stojí: Co je na těch katalyzátorech podstatné? Zajišťují dobré výtěžky, vysokou selektivitu žádaného produktu. Zmíněné proteinové inženýrství se v současnosti bez biokatalýzy neobejde. Chemický průmysl produkuje obrovské množství produktů, jako jsou základní a speciální produkty z různých surovin včetně rafinace ropy, papíru a celulózy, získávání kovů, pigmentů a syntetických hnojiv a pesticidů, barev, plastů, farmak, produktů osobní péče, chemický průmysl zasahuje tak do textilního a automobilového průmyslu a do řady dalších sektorů, Chemické speciality se zaměřují na adhezíva, katalyzátory, aditiva do plastů, produkty osobní péče jako jsou mýdla, detergenty, kosmetika, zubní pasty, ochranné prostředky proti slunečnímu záření, z farmak pak léčiva všech kategorií.

Biotechnologie se uplatňuje ve všech těchto sektorech specifickým způsobem, a to již po několik dekád vyvinutých procesů, jako jsou alkoholy (např. etanol a butanol), antibiotika, aminokyseliny, vitaminy, průmyslové enzymy, a platformní chemikálie, jako ethylen glykol, kyselina jantarová, 5- hydroxy-methyl-furfural (5-HMF), kyselina mléčná, levulinová, glutamová, citronová, fenoly, aj.). Je jasné, že bez rozhodujícího příspěvku mikroorganismů by tyto syntézy nebylo vůbec možné. Příspěvek mikroorganismů v průmyslové biotechnologii a chemii je evidentní. Průmyslově se využívají již přes 100 let. Diverzita všech enzymů je obrovská a jejich metabolické dráhy, jsou-li všechny známe, jsou velmi rozličné. **1)**

V posledních letech byl učiněn pokrok ve znalostech v rekombinantní DNA, který přinesl mnohé změny do průmyslové mikrobiologie. Byly modifikovány biosyntetické dráhy pomocí metabolického inženýrství a získány nové metabolity, zlepšena selektivita a aktivita enzymů, a aplikace geneticky modifikovaných mikroorganismů přináší nové možnosti získávání chemických látek. Cíleně aplikované bakterie a houby jsou již dnes využívány k produkci chemikálií, farmak a parfémů již dekády. Tyto reakce, často nazývané jako biotransformace, mají řadu výhod nad konvenčními chemickými reakcemi. Zejména jsou vysoce účinné a selektivní, nenákladné pro produkci syntetických analogů, získávaných chemickou cestou. Mikrobiálně katalyzovaná biotransformace mají zejména významný potenciál pro výrobu strukturně různých organických látek s komplexní strukturou, jako jsou třeba sesquiterpenoidy, falvonoidy, steroidy, saponiny. Katalyzují chemo-regio stereospecifické hydroxylace různých substrátů, které jsou jinak extrémně nesnadně být produkovány chemicky. V tzv. zelené chemii, biotransformace jsou důležitou chemickou metodou pro udržitelné průmyslové procesy.

Enzymové biokatalyzátory se uplatňují u více než 500 produktů. Uplatňují se v potravinářství, výrobě detergentů, v textilním, kožedělném a papírenském průmyslu. Odhad objemu obchodu s enzymy ve světě v roce 2000 činil cca 2 miliardy USD. Jsou to zejména procesy: bakteriální glukóza izomeráza, kvasinková invertáza a laktáza, a alfa-galaktosidáza, proteázy. Produkují sekundární metabolity jako antibiotika, pesticidy, růstové faktory pro rostliny i živočichy, antiinfekční látky a antibiotiky zejména rody *Streptomyces* a vláknitými mikrohoubami. Globální trh s antibiotiky byl v roce 2000 kolem 35 miliard USD. V protirakovinových prostředcích to je nejúspěšnější taxol, původně nalezený v rostlinách, ale produkován houbou *Taxomyces andreae*. Světový trh je opět v jednotkách miliard USD. Jsou to i statiny, proti-cholesterové prostředky, produkováné ve výši 15 miliard USD. Jsou to i imunosupresiva, umožňující transplantaci orgánů, jako cyclosporin z plísně *Tolypocladium inflatum*. Dále celá řada bioinsekticidů na bázi *Bacillus thuringiensis*, které jsou až 800 tis krát účinnější než chemický pyrethroid. Z primárních metabolitů je to zejména monosodium glutamát, kterého se vyrábí kolem miliardy kg/rok fermentací *Corynebacterium and*

Brevibacterium. Za zmínku stojí i produkce vitaminů, např. B12, průmyslově vyráběný pomocí *Propionibacterium shermanii*

Proteázy, lipázy, amylázy, oxidázy, peroxidázy a celulázy jsou přidávány do detergentů. Proteázy v pracích detergentech činí asi 25 % ceny ze všech produkovaných enzymů.

Mikroorganismy jsou v biotransformačních procesech extrémně účinné. Jako příklad prvního úspěšného procesu, konkurujícímu chemickému v petrochemii, je považovaná konverze akrylonitrilu na akrylamid a produkce nikotinamidu, vitaminu B3, užitím *Rhodococcus rhodochrous*, který na rozdíl od chemického procesu, nedává vedlejší produkty

Úspěchy a pokrok genetického inženýrství překonaly možnosti tradiční biotechnologie s neupravenými mikroorganismy. Jistě nelze tradiční petrochemické výroby zcela opustit, jsou prověřené a zaběhnuté, ale postupně je snaha nahrazovat chemikálie na bázi petrochemických zdrojů produkty bio-rafinace. Někteří autoři dospěli k závěru, že je možné v podstatě všechny chemické sloučeniny získané na bázi petrochemických surovin nahradit produkty bio-rafinace z biomasy. Takové výrobky, vyrobené ekologickými technologiemi, mohou být i dražší. Taková náhrada není jistě otázkou překotných změn, ale příprava včetně důkladných analýz přechodu je nezbytná a měla by začít. Je to zejména obrovský nárůst plastů v posledních letech (až 100 kg/hlavu/rok ve státech s vyspělou ekonomikou), které jsou založeny na exploataci fosilních surovin, který bude udržovat konzumaci fosilních zdrojů nadále, protože plasty jsou hlavním driverem poptávky po ropě. Na druhé straně, hromadění odpadních plastů je celosvětový velký problém, stejně jako obava z růstu CO₂, které musí být co nejrychleji řešeny. Některé plasty lze připravovat i biotechnologicky (poly-alkanoáty, např.), ale cesta k jejich masovému nasazení je ještě dlouhá. Enzymatické procesy mají sice jasné výhody ve srovnání s jejich chemickými alternativami. Je třeba investovat do vědy a výzkumu, aby byly i cenově kompetitivní v rozsáhlém chemickém průmyslu. Např. vývoj biokatalyzátorů účinnějších a lacinějších než jejich chemické srovnatelné katalyzátory, musí být kompatibilní i se solventy a zvýšit vědní poznání v molekulárním působení enzymů, aby se mohly modelovat a konstruovat nové specifické biokatalyzátory.

Dalším problémem, který je intenzivně řešen, jsou biopesticidy, doposud zaujímající jen jednotky % z rodiny chemických pesticidů, které jsou významným ekologickým polutantem. Biopesticidy spadají do třech hlavních kategorií: transgenní rostliny, biochemické a mikrobiální. Transgenní rostliny se díky genovému vybavení samy chrání před škůdci, z mikrobiálních je to např. *Bacillus thuringiensis*, který produkuje protein, který zabíjí různé hmyz. Benefity biopesticidů jsou pozoruhodné: jsou v podstatě stejně účinné jako chemické, zejména pro ovoce a zeleninu, jsou méně škodlivé, působí specificky často i v malých množstvích a jsou rozložitelné. Bio-insekticidy, bio-fungicidy a bio-nematicidy (proti parazitickým červům)) jsou rostoucím artiklem a je jich dostupných již asi 700 druhů. Globální trh biopesticidů byl v roce 2017 asi 3,2 miliard USD a vzhledem ke snadnější jejich registraci jde o rychle rostoucí trh.

Podobně nadějná jsou bio-hnojiva (např. dusík fixující rhizobiální bakterie jako *Rhizobium*, *Cynaobacteria*, a půdní bio-stimulanty). Od užití bio-hnojiv si slibujeme snížení environmentální zátěže, zejména vodní eutrofizace.

Tabulka č. 11. Příležitosti k prosazení rozvojových cílů

Sektory	Aktivity	Očekávaná komercializace
---------	----------	--------------------------

<p>Udržitelné zemědělství</p>	<p>Biopesticidy, Bio-insekticidy, bio-fungicidy a bio-nematicidy, Bio-hnojiva Enzymy a produkty PB umožní méně zpracovatelských kroků a méně nebezpečných vedlejších produktů Snížená spotřeba vody díky použití enzymů a produktů PB umožní méně zpracovatelských kroků a méně nebezpečných vedlejších produktů v zemědělství Příspěvky do agritech podporují lepší výnosy plodin a účinnost krmiv pro zvířata, což vede ke zlepšení zdraví hospodářských zvířat. PB umožňuje využití odpadu jako suroviny pro bioprodukty, což snižuje tlak na přírodní zdroje. Snížení emisí skleníkových plynů</p> <p>Nahrazování nadměrného používání hnojiv a chemikálií pocházejících z ropy biologickými alternativami a přirozeně získaným kompostem zlepšuje životnímu prostředí, zdraví půdy a zadržování vody</p> <p>Regenerativní zemědělství jako ochrana půdy</p>	<p>2025-2030 2025-2030 2030-2035 2030-2035 2025-2030 2027-2035 2024-2030 2025 2030</p>
<p>Chemický průmysl</p>	<p>Biorafinerie 2. generace Biorafinerie 3. generace Chemické látky na biologické bázi nahrazují perzistentní chemikálie získané z ropy, které přetrvávají ve vodním prostředí Biokatalyzátory Snížené množství plastového odpadu pocházejícího z ropy ve vodních cestách zlepšuje přístup k čisté vodě Snížená spotřeba vody díky použití enzymů a produktů PB, což má za následek méně zpracovatelských kroků a méně nebezpečných vedlejších produktů v zemědělství, chemikáliích a textilu Nová odvětví genetické inženýrství, proteinové inženýrství, metabolické inženýrství, jejich Snížená závislost na palivech, chemikáliích a plastech získaných z ropy snižuje znečištění</p>	<p>2027-2030 2030-2040 2025-2030 2022-2030 2022-2030 2025-2035 2027-2035</p>

	a zlepšuje dopad životního prostředí na lidské zdraví	
Biopaliva a Syntetická paliva	Biopaliva 2. generace Syntetická paliva Biopaliva podporují vytlačování zdrojů energie pocházejících z ropy s vysokými emisemi uhlíku a snižují tak emise skleníkových plynů Syntetická paliva s využitím CO2	2025-2030 2030-2040 2040-2050
Biometan	Optimalizace využití biostanic	2024-2030
Farmacie	Tvorba nových léků, vakcín a zdravotnických produktů Biotransformace perkurzorů a biosyntéza léčiv rekombinantními organismy. Příklady fermentace a biotransformace, které se provádí v průmyslovém měřítku jsou produkce aminokyselin, léčiv a jejich prekurzorů, potravin a kosmetiky	2025-2040 2025-2040
Plasty	Vývoj biodegradabilních plastů	2022-2030
Cirkulární ekonomika	Začlenění principů oběhového hospodářství do více sektorů, komunální činnosti, ekonomické činnosti, aby umožnila významné zachycení zdrojů z odpadu Snížení biologických zdrojů odpadů, jako je potravinářský, komunální, zemědělský a průmyslový odpad, a s nimi spojené emise skleníkových plynů	2023-2030 2025-2030
Životní prostředí	Produkty na biologické bázi mají nové vlastnosti, které spotřebitelé hledají, se sníženým dopadem na životní prostředí Zlepšují odolnost vůči vlivům životního prostředí, zdraví půdy a zadržování vody tím, že nahrazuje nadměrné používání hnojiv a chemikálií pocházejících z ropy biologickými alternativami a přirozeně získaným kompostem Snížené množství plastového odpadu pocházejícího z ropy ve vodních tocích zlepšuje zdraví vody a má dopad na vodní život Snížené zavádění chemických látek pocházejících z ropy do vodních toků snižuje	2025-2035 2025-2030 2027-2035 2030-2035

	přítomnost dlouhodobého přetrvávání škodlivých látek, které poškozují vodní život	
Dekarbonizace	Zachycováním a ukládáním uhlíku (BECCS) kde je CO ₂ zachycován z biogenního zdroje a trvale ukládán.	2030-2050

Sektor udržitelného zemědělství 4)

Roste trh s povrchově upravenými hnojivy, která jsou na biologické bázi a biologicky rozložitelné, stejně jako s bio stimulačními rostlinami (včetně chitosanu, výtažků z mořských řas) a biologickým ošetřením semen.

Biologická rozložitelnost, nízká toxicita pro člověka a nízká ekotoxicita jsou požadovanými charakteristikami udržitelnosti v agrochemikáliích. Chemická látka na biologické bázi však musí mít alespoň stejnou úroveň výkonu jako agrochemie na bázi fosilních surovin.

Nové přípravky na ochranu plodin na biologické bázi mohou pomoci řešit problém rezistence škůdců vůči pesticidům. Přípravky na ochranu rostlin na biologické bázi začnou brzy po aplikaci degradovat, což vede k malým nebo žádným toxickým reziduíům. Nevýhodou však je, že je třeba je aplikovat častěji, aby byly účinné. Formulace přípravků na ochranu plodin na biologické bázi lze zlepšit, aby se tento problém vyřešil.

Biologická řešení na ochranu plodin, která nahrazují konvenční technologie v aplikacích, jako jsou herbicidy, insekticidy, fungicidy, adjuvanty, stimulanty růstu a hnojiva.

- Inovativní krmiva pro zvířata a doplňková krmiva na bázi PB, jako jsou nové proteiny (zejména jednobuněčné proteiny), probiotika a krmné enzymy, které nahrazují tradiční druhy a zdroje krmiv
- Použití přesných biologických technik, jako je editace genomu, pro inženýrství nových kmenů plodin s cílenými přínosy podporujícími inovativní zemědělské systémy a produktivitu

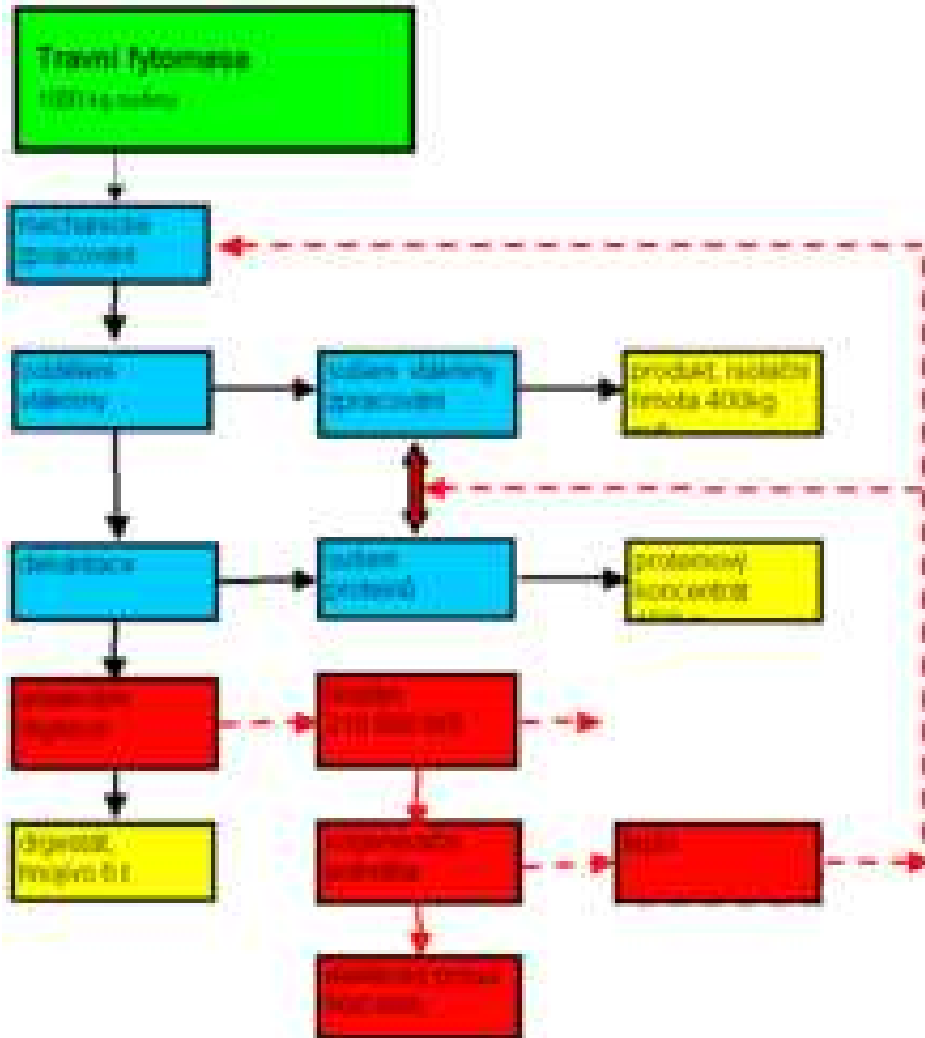
Sektor chemického průmyslu

Biorafinérie jsou zařízení produkující řadu produktů z biomasy, které jsou zatím obvykle vyráběny z neobnovitelných surovin, zejména ropy. Travní fytomasa i řada dalších rostlinných odpadů budou v těchto zpracovatelských provozech vykupovány a tráva se stane cíleně vyráběnou surovinou. Existuje celá řada technologicko-technických systémů užívaných v biorafinériích podle druhu využívané biomasy v tzv. zelených biorafinériích GBR (Green BioRefinery). Biorafinerie typu LCF (Lignocellulose Feedstock Biorafinery) využívají suchou biomasu a odpady celulózní a lignocelulózní. Tyto biorafinerie využívají fyzikálně chemické procesy, např. tepelně tlakovou hydrolýzu v kyselém prostředí nebo enzymatickou hydrolýzu případně fermentační procesy rozkládající celulózu na glukózu, hemicelulózy na pentosy (xylóza). Konečnými produkty je např. bioetanol, fural, čistý lignin. Existují provozy zpracovávající biomasu pomalou nebo rychlou pyrolýzou na tzv. bio kapaliny obsahující chemické látky pro výrobu bioplastů a biopaliv.

Biorafinerie obilná využívá škrobnaté části rostlin. Konečnými produkty je např. bioetanol, kyselina mléčná. Fruktózový sirup vzniklý zpracováním vlhkého kukuřičného zrna

může být podle situace na trhu využíván výrobcí cukrovinek nebo bioetanolu. Výše uvedené koncepce biorafinerií bývají též různým způsobem kombinovány. Elektrická energie a teplo používané v technologii bývá získáváno anaerobní digestí různých odpadních meziproduktů. Jednoduchá zelená biorafinerie byla vybudována nedaleko Bodamského jezera ve Švýcarsku společností 2BAG s cílem zpracovat minimálně 50 tis. t trávy.

Následující obrázek č.3 znázorňuje jednoduchou zelenou biorafinerií využívající travní fytomasu.



Obrázek č,3 Jednoduchá zelená biorafinerie

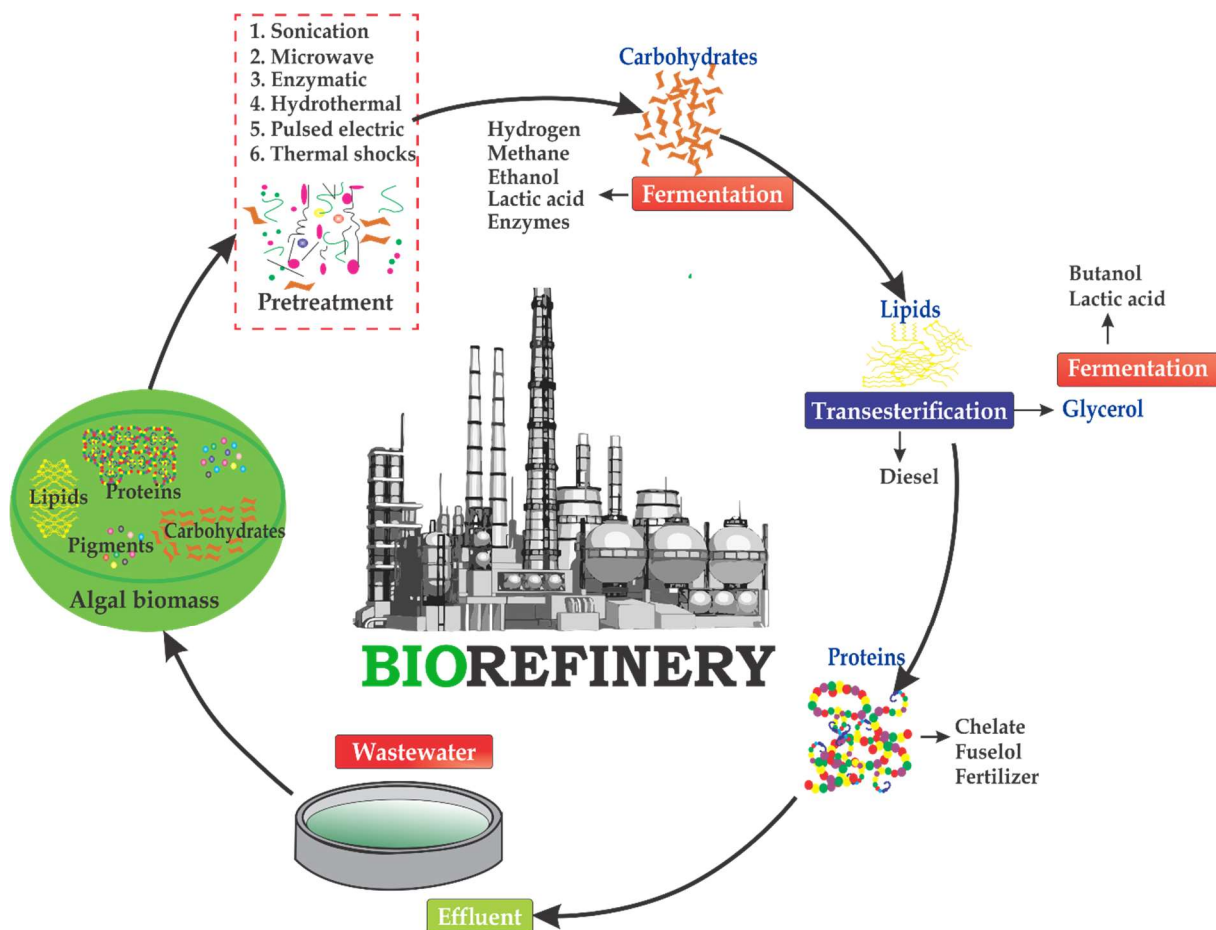
Bio-rafinerie založené na fosilních surovinách, přispějí ke splnění cílů v oblasti potlačení změny klimatu a povedou k zelenějšímu a šetrnějšímu růstu EU. Klíčem je vyvinout nové technologie pro biorafinaci obnovitelných přírodních zdrojů a udržitelným způsobem proměnit produkty na bio-výrobky, materiály a paliva. Tento rodící se sektor očekává rychlý růst a vytváření nových trhů, pracovních míst již přilákal značné investice v USA, Číně a Brazílii. EU má významný průmyslu, výzkumu a potenciál obnovitelných zdrojů. Nyní je aktuální otázkou jeho nasazení a udržitelným způsobem konkurovat v globální soutěži bio-hospodaření.

Výhody:

- Rozvoj využití potenciálu odpadů, stejně jako zbytků ze zemědělství a lesnictví.
- Diverzifikaci a nárůst příjmů zemědělců (až o 40 % kvůli existujícím zbytkům).
- Náhrada minimálně 30 % z ropy vyráběných chemikálií a materiálů bio-výrobky do roku 2030.

Cílem biorafinérie je dále využít všech synergií pro udržitelnou a efektivní výrobu, maximalizovat nebo optimalizovat ekonomické, ekologické a sociální přínosy. Budoucí očekávaný růst trhu s biopalivy a rozvoj nových výrobních procesů pro biopaliva si vyžadají rozvoj nových integrovaných biorafinérií. Závody na přeměnu biomasy budou vyžadovat podobné koncepce zařízení jako dnešní chemické závody nebo dnešní rafinace ropy. Integrace nových konceptů biorafinérií do stávajících průmyslových komplexů má zajímavé vyhlídky, např. snížit kapitálové náklady zařízení na výrobu biopaliv a tím snížit náklady na vyráběné chemické a energetické produkty. Nezbytností pro udržitelný rozvoj je implementace strategií biorafinérií v budoucí nově vznikající bioekonomice.

Obrázek č. 4 Schéma cirkularity s využitím průmyslových biotechnologií



Podpora biologickou rozmanitost prostřednictvím vytěsnění chemických látek získaných z ropy biologickými alternativami a přírodními směsmi hraje klíčovou roli při dosahování ambic chemického průmyslu usnadnit posun k čisté nule a zajistit 50% nárůst obrátu do roku

2030. PB dosahuje snížení CO₂ tím, že se vyhýbá používání trvale fixovaného uhlíku, stejně jako zpracováním při nižších teplotách, které je méně energeticky náročné, a schopností recyklovat materiál (který zůstává po bioprocesu) na surovinu nebo jeho opětovné použití.

Zatímco PB již nachází uplatnění ve výrobě široké škály chemikálií, tyto jsou převážně na trhu s vysokou hodnotou, ale s nižším objemem. Spotřební produkty, a zejména kategorie osobní péče, jsou důležitými hnacími silami inovací a poptávky – například po bio povrchově aktivních látkách a dalších bioaktivních látkách a nových produktech biologického původu, které nabízejí prospěšné vlastnosti péče o pleť. Enzymatické cesty pro výrobu příchutí a vůní jsou další dynamickou oblastí s příležitostmi pro celou řadu použití.

Využití biokatalyzátorů pro chemickou výrobu pokrývá dnes vysoce vyvinutá aplikovaná věda. Enzymy i celé buňky se využívají pro katalýzu organických reakcí, snad nejobecnější případ je kvasinkami zprostředkovaná transformace cukrů na alkoholy. Nejvíce využívanou skupinou biokatalyzátorů jsou lipázy, hydrolyzující tuky na mastné kyseliny, nebo pro syntézu esterů a amidů z nich, což se využívá v potravinářství, syntéze chemikálií a produkci biopaliv. Jako enzymové katalyzátory se hojně aplikují proteázy, celulózy a amylázy, pro hydrolýzu proteinů, celulózy a škrobu. Co je na těch katalyzátorech podstatné? Zajišťují dobré výtěžky, vysokou selektivitu žádaného produktu. Zmíněné proteinové inženýrství se v současnosti bez biokatalýzy neobejde.

Genetické inženýrství zde zjednodušeně uvažujeme jako proces, využívající rekombinantní DNA technologii pro změny genetického setu genů organismu. Proteinovým inženýrstvím rozumíme procesy přípravy užitečných a cenných proteinů. Metabolické inženýrství chápeme jako praktickou optimalizaci a regulační procesy uvnitř buněk za účelem produkci určitých substancí těmito buňkami biomasy

V minulých dekádách byly uváděny příklady některých komodit jako udržitelné alternativy pro chemické procesy v průmyslovém měřítku, na příklad: bioetanol (26, 000 000 t), L-glutamová kyselina (1,000 000 t), citronová kyselina (1,000 000 t), l-lysin (350.000 t) a kyselina mléčná (250.000 t). Je jasné, že bez rozhodujícího příspěvku mikroorganismů by tyto syntézy nebylo vůbec možné procesovat.

Chemické speciality

Chemické speciality se zaměřují na adhesiva, katalyzátory, aditiva do plastů, produkty osobní péče jako jsou mýdla, detergenty, kosmetika, zubní pasty, ochranné prostředky proti slunečnímu záření, povrchově aktivní látky, mazadla, rozpouštědla, lepidla a další.

Biotechnologie se uplatňuje ve všech těchto sektorech specifickým způsobem, a to již po několik dekád vyvinutých procesů, jako jsou alkoholy (např. etanol a butanol), antibiotika, aminokyseliny, vitaminy, průmyslové enzymy, a platformní chemikálie, jako etylen glykol, kyselina jantarová, 5-hydroxy-methyl-furfural (5-HMF), kyselina mléčná, levulinová, glutamová, citronová, fenoly, a další. Maziva na biologické bázi musí splňovat výkonnostní požadavky dané aplikací. Je požadováno všech pět charakteristik udržitelnosti (biologická rozložitelnost, nízká toxicita pro člověka, nízká ekotoxicita, nízké emise skleníkových plynů, recyklovatelnost)

Každá skupina chemických specialit má své specifické problémy pro rozvoj jejich aplikací.

Např. maziva na biologické bázi mají vynikající vlastnosti biologické rozložitelnosti ve srovnání s alternativami získanými z fosilních paliv. Maziva na biologické bázi musí splňovat výkonnostní požadavky dané aplikace a současně je požadováno všech pět charakteristik udržitelnosti (biologická rozložitelnost, nízká toxicita pro člověka, nízká ekotoxicita, nízké emise skleníkových plynů, recyklovatelnost). Využitím materiálů na biologické bázi, jako je kyselina jantarová, kyselina adipová, propylenoxid, stavební bloky etylenoxidu, poskytuje evropskému průmyslu maziv příležitost ke zvýšení obsahu biologického materiálu ve svých produktech.

Čisté a speciální chemikálie, které jsou často známé jako účinné nebo efektní chemikálie, se od komoditních chemikálií liší především objemem a cenou. Speciální chemikálie se používají jako přísady do hotových výrobků a přípravků, kde se v relativně malých množstvích přidávají například do výrobků pro domácnost a osobní péči, plastů, nátěrů a lepidel. Čisté chemikálie jsou vysoce hodnotné organické chemikálie vyráběné v mnohem nižších objemech, často za použití vícestupňových syntéz podle vysokých specifikací; zahrnují meziprodukty, aktivní farmaceutické přísady, některé agrochemikálie, jako jsou biocidy, příchutě a vůně, stejně jako pigmenty

V posledních letech byl učiněn pokrok ve znalostech v rekombinantní DNA, který přinesl mnohé změny do průmyslové mikrobiologie. Byly modifikovány biosyntetické dráhy pomocí metabolického inženýrství a získány nové metabolity, zlepšena selektivita a aktivita enzymů, a aplikace geneticky modifikovaných mikroorganismů přináší nové možnosti získávání chemických látek.

Enzymové biokatalyzátory se uplatňují u více než 500 produktů. Uplatňují se v potravinářství, výrobě detergentů, v textilním, kožedělném a papírenském průmyslu. Odhad objemu obchodu s enzymy ve světě v roce 2000 činil cca 2 miliardy USD. Jsou to zejména procesy: bakteriální glukóza izomeráza, kvasinková invertáza a laktáza, a alfa-galaktosidáza, proteázy. Produkují sekundární metabolity jako antibiotika, pesticidy, růstové faktory pro rostliny i živočichy, antiinfekční látky a antibiotiky zejména rody *Streptomyces* a vláknitými mikrohoubami. Globální trh s antibiotiky byl v roce 2000 kolem 35 miliard USD. V protirakovinových prostředcích to je nejúspěšnější taxol, původně nalezený v rostlinách, ale produkován houbou *Taxomyces andreae*.

Z primárních metabolitů je to zejména monosodium glutamát, kterého se vyrábí kolem miliardy kg/rok fermentací *Corynebacterium* and *Brevibacterium*. Za zmínku stojí i produkce vitaminů, např. B12, průmyslově vyráběný pomocí *Propionibacterium shermanii* nebo *Pseudomonas denitrificans*, kterého se vyrábí ročně za 70 milionů USD, nebo kyseliny citronové z *Aspergillus niger* za 2 miliardy USD/rok.

Mikroorganismy jsou v biotransformačních procesech extrémně účinné. Jako příklad prvního úspěšného procesu, konkurujícímu chemickému v petrochemii, je považovaná konverze akrylonitrilu na akrylamid a produkce nikotinamidu.

Specifickou třídou s možností produkce lipidů (potenciálně využitelných pro biopaliva a bioaktivní látky) jsou mikrořasy. Mikrořasy obsahují relativně značný obsah lipidů, u některých vyšlechtěných kmenů to může být až 30-40 % jejich hmotnosti. Otevírá to možnost využít lipidy mikrořas známou technologií pro přípravu metylesterů mastných kyselin jako motorového biopaliva. Předpokládá se přitom kultivace řas nejspíše autotrofně na otevřených bazénech, cirkulačních otevřených bioreaktorech typu „běžecké dráhy“, nebo

na otevřených plošinách, na kterých teče vrstva řasové suspenze o výšce do cca 6 mm. Donátorem uhlíku je atmosférický oxid uhličitý. Optimismus závěru takových publikovaných sdělení o perspektivě mikrořas pro výrobu motorových biopaliv je však třeba korigovat ekonomickým pohledem: maximální produktivita lipidů dosahovaná na neúčinnějších plošinových reaktorech, které byly předmětem našich výzkumů, dosahuje koncentrace mikrořas kolem 20 g sušiny řas/m² plošiny /den, přičemž např. v zemích Střední Evropy je doba sklizně za rok asi 150 dní. Při obsahu lipidů v sušině mikrořas kolem 30 % lze odhadnout plochy takových otevřených bioreaktorů, které by musely být enormní, přičemž výrobní cena za 1 kg takových mikrořas se pohybuje mezi 300-1000 Kč. Ekonomicky je tento způsob zatím neúnosný. Možností by byla heterogenní kultivace některých vybraných kmenů mikrořas.

Biotechnology: part of moving to a more circular economy

Renewable feedstocks¹; new materials to reduce waste²; better design³; compostability⁴; "recycle or better" at end of life⁵



Obrázek č. 5
Sektor biopaliv

Biopaliva jsou v podstatě kapalná nebo plynná paliva získaná z biomasy. Nejčastěji se vyrábí bionafta a bioetanol, další zahrnují metanol, dimethylether a kapalné syntetické uhlovodíky. Biopaliva se dále vyznačují generací: paliva první generace se vyrábějí z cukru, škrobu nebo rostlinných olejů; biopaliva druhé generace nebo pokročilá biopaliva se vyrábějí z nepotravinářských zdrojů biomasy, jako jsou zemědělské a lesnické zbytky, materiálové plodiny, pevný komunální odpad nebo řasy.

Výzkum se zaměřuje i na hledání možností nahradit současné fosilní letecké palivo pomocí PB syntetickými pohonnými hmotami, které nemají žádné uhlíkové emise. V současnosti by to zvýšilo ceny letenek asi o 20 %.

Plasty 5)

Bioplasty zahrnují řadu materiálů, které se liší od běžných plastů tím, že jsou buď na biologické bázi, jsou biologicky odbouratelné, nebo mají obě vlastnosti v kombinaci. Plasty

na biologické bázi jsou plasty vyrobené částečně nebo spíše zcela z materiálů získaných z biogenních zdrojů surovin, včetně kukuřice, cukrové třtiny/řepy nebo lignocelulózy.

Plasty, které jsou na biologické bázi i biologicky rozložitelné, jako je kyselina polymléčná (PLA) a polyhydroxyalkanoáty (PHA), lze organicky recyklovat pomocí průmyslové anaerobní digesce a/nebo kompostovat. Existují významné příležitosti pro použití kompostovatelných bio plastových materiálů v obalech/produktech, které jsou v kontaktu s potravinami, protože je lze sbírat a organicky recyklovat společně s potravinářským odpadem v řešení pro obnovu, které minimalizuje toky zbytkového odpadu.

Biologicky nebo částečně biologicky nerozložitelné plasty, jako je bio polyethylen (bio-PE) a bio polyethylentereftalát (bio-PET), jsou náhradami s vlastnostmi, které odpovídají jejich protějškům na bázi fosilních paliv. Nachází se ve velkoobjemových aplikacích. Jsou technicky ekvivalentní a jsou vhodné pro použití ve stejných aplikacích a pro mechanickou recyklaci prostřednictvím stávajících recyklačních toků.

Zatímco srovnání emisí skleníkových plynů během životního cyklu bioplastů oproti konvenčním plastům zůstává náročné kvůli rozdílům v měřítku a infrastruktuře, řada hodnocení životního cyklu ukázala, že plasty na biologické bázi vyznačují se významnými výhodami v oblasti emisí CO₂. Plasty na biologické bázi šetří fosilní zdroje tím, že využívají biomasu, která se regeneruje a poskytuje jedinečný potenciál uhlíkové neutrality. Pro svou výrobu mohou vyžadovat i méně energeticky náročné procesy. Nahrazení fosilních surovin biomasou je jedním z prvků celkové strategie zmírňování dopadů v odvětví plastů spolu s obnovitelnými zdroji energie, recyklací a řízením poptávky. Kromě toho jsou bioplasty, které lze biologicky rozložit nebo kompostovat, schopny podporovat organickou recyklaci většího podílu biologického odpadu jako alternativu ke skládkování nebo spalování, a tím i další snížení emisí skleníkových plynů ve formě metanu emitovaného z biologických odpadů a emisemi ze spalování. Bioplasty jsou v současné době dražší než ropné plasty a potřebují podporu, možná jak při výrobě, tak na konci životnosti, aby se dostaly do dodavatelských řetězců. Bioplastů dnes existuje kolem 300 druhů. Liší se svým složením a v poslední fázi svého života vyžadují rozdílné zacházení, na což spotřebitele často výrobci zapomínají upozorňovat.

Sektor farmacie

Výroba vitamínu B₃, užitím *Rhodococcus rhodochrous*, který na rozdíl od chemického procesu, nedává vedlejší produkty. Biotransformace perkurzorů a biosyntéza léčiv rekombinantními organismy, léčiva všech kategorií. K nejdůležitějším látkám, které jsou obsaženy v rostlinách a plodech patří: flavonolidy, protioxidanty, alkaloidy, glykosiny, třísloviny, saponiny, silice, hořčiny, organické kyseliny, minerální látky a vitamíny.

Příklady z ČR :

Výzkumný ústav biofarmacie a veterinárních léčiv a.s. vyvinul a prodávají úspěšnou vakcínu LIVACOX® a nabízejí farmaceutický servis a provádíme řadu specializovaných studií a testů pro veterinární i humánní farmacii i veterinární léčiva a krmné směsi pro malá a hospodářská zvířata i pro lovnou zvěř.

BIO-Pharma s.r.o. Zlín

Snížení emisí

Zaznamenáváme potenciál pro PB snížit CO₂ v krátké době 3-5 let i když rozsah je omezen svým nízko objemovým sektorovým profilem. Jeho příspěvek bude pravděpodobně v delším horizontu výrazně růst, protože se vyvíjejí a využívají jak náhradní, tak nové produkty. Zejména potenciál narušit konvenční chemii bude pramenit ze schopnosti PB technologií otevřít nové prostory, které jsou syntetické chemii nepřístupné, nebo ze schopnosti snížit počet kroků zpracování pomocí biokatalyzátorů v kombinaci s výkonem a výhodou zpracování. Přitažlivost spotřebitelů je pro PB v tomto odvětví klíčová, přičemž rostoucí poptávka je patrná po produktech, které jsou přírodního, udržitelného biologického původu a které mohou také nabídnout vynikající vlastnosti. To vysvětluje, proč se křivka zrychlení pro přínos PB v sektorech orientovaných na spotřebitele již blíží k inflexnímu bodu, na rozdíl od toho, kde se PB používá jako procesní meziprodukt nebo pomocný prostředek, kde je narušení konvenčních chemických látek nastaveno pomaleji. Zde bude změna záviset na progresivním, dominovém přesunu podél hodnotových řetězců, ale čelí protivětru primárního zaměření na cenu, která je dnes mezi zákazníky častěji pravidlem, jinde než tam, kde biotechnologie nabízí konkurenční výhody a hodí se širší cíle udržitelnosti jednotlivých společností.

Mimo velmi úzký segment trhu se nové PB společnosti, které hledají komercializaci a rozsah, často potýkají s dvojí výzvou vývoje technologických platform a cest na zavedené trhy. Vysoké náklady na nové technologie v menším měřítku jsou překážkou, zejména tam, kde technologie nelze překrývat stávajícími aktivy a kde je obtížné vytlačit stávající technologie odvozené z fosilních paliv s jejich kapitálovými investicemi, které jsou již za nimi, a samy se brání přechodu na biotechnologie. přístupů. Doporučení v tomto plánu se snaží tyto výzvy řešit využitím výhod PB na všech článcích řetězce a prostřednictvím iniciativ zaměřených na optimalizaci hodnoty odvozené od vstupních surovin biomateriálů. Identifikují oblasti příležitosti pro asertivnější politiky k urychlení technologické transformace, iniciativy, které zmírňují inhibiční zátěž kladenou na začínající podniky a malé a střední podniky při registraci nových chemických subjektů.

Vylepšené opětovné použití a recyklace na konci životnosti produktu

Snad nejkritičtější oblastí s velkým dopadem, kde je zapotřebí zdokonalená technologie, je návrat odpadních materiálů zpět do celkového toku materiálů. Počet technologií, které využívají různé toky odpadů a přeměňují je na užitečné produkty nebo suroviny pro jiné konverzní technologie, roste, což dokládá využití chemických procesů při přeměně tuhého komunálního odpadu (TKO) na metanol a etanol společností Enerkem. Je racionální využívat odpad jako nízkonákladovou surovinu pro výrobu jiných produktů namísto jeho skládkování. Mezi klíčové otázky, které je třeba odpovědět, patří typy odpadů, se kterými lze nakládat technologiemi recyklace (kreativní opětovné použití), typ produktů, které lze vyrobit, složitost procesu a náklady. Většina dosavadních procesů nakládání s odpady se zaměřovala na výrobu paliv jako konečných produktů, jako je etanol, což je použití s relativně nízkou hodnotou ve srovnání s původní hodnotou materiálů.

Měli bychom usilovat o způsoby, jak vzít TKO a přeměnit je zpět na původní kvalitní monomery nebo polymery, spíše než se spokojit s downcyklací materiálových toků. Odpad

nemusí být nutně přeměněn zpět na své původní materiály, ale může být vrácen do širších materiálových toků tak, aby nedocházelo k jejich downcyklaci.

Pozn. downcycling je termín který popisuje opětovné zpracování materiálů nebo věcí, které není tak plnohodnotné či nemá takovou znouvupoužitelnost jak u typické recyklace.

Enzymy, které příroda uzpůsobuje k požívání plastového odpadu by mohly být při správném použití vhodné i pro rychlé rozložení a recyklaci plastů. Díky tomu, že enzymy umí rozložit plast na jeho základní stavební blok, bylo by možné ze starých plastů vyrábět nové a tím zabránit dalšímu využívání zdrojů na výrobu plastů. Nový výzkum tak nyní poskytuje mnoho nových enzymů, které by měly být detailněji prozkoumány, tak aby mohly v budoucnu být průmyslově využity.

Mikroby, které jsou schopny požírat plasty jsou přitom známé už několik let. První z nich objevili vědci na skládce odpadu v Japonsku už před pěti lety. Vědcům se při následném zkoumání a úpravě enzymů rozkládajících plast podařilo vytvořit enzym, který je v této činnosti ještě účinnější. Vědci očekávají, že vývoj v této oblasti do budoucna ještě akcelaruje a svět tak bude moci účinněji reagovat na plastické znečištění.

Bioplyn 6)

Biometan má důležitou roli v nahrazování fosilního plynu a konverzi starších bioplynových stanic na výrobu biometanu. Český bioplynový a biometanový sektor se setkává s určitými překážkami v oblasti legislativy. V současnosti trvá v ČR stavba nové biometanové stanice mezi 3-4 roky, konverze bioplynové stanice na výrobu biometanu 2-3 roky. To je neslučitelné s plněním závazků ČR především v oblasti dopravy a s ohledem na cíl EU vyrobit 35 milionů metrů krychlových biometanu v roce 2030, přičemž současná výroba lehce přesahuje 3 krychlových metrů.

Podrobněji se výzkumnými záměry v oblasti průmyslové biotechnologie zabýváme v SVA 5. 7).

Kromě bariér specifických pro různé skupiny výrobků existuje širší škála obecných překážek, které se týkají biologických produktů a biohospodářství. Obecné překážky pro zvýšení podílu bioproduktů v chemickém průmyslu klasifikujeme do šesti hlavních kategorií:

1. Přístup k surovinám (např. nízká dostupnost biomasy, rozvinout biorafinérie)
2. Konkurence se zavedeným fosilním průmyslem (např. Biologické alternativy nekonkurují z hlediska nákladů, v některých případech nižší výkonnost biologických alternativ).
3. Regulační překážky (např. nedostatečná harmonizace politik, poskytnout větší stabilitu)
4. Společenské překážky (zvrátit dosavadní povědomí bio= dražší výrobek)
5. Trhy, finance a investice (Zavést tržní nástroje – snížit podporu fosilních surovin)
6. Výzkum a vývoj. (nákladný a rizikový výzkum a vývoj).

Zdroje :

1. Hanika J., Kaštánek F.: Podkladová studie Průmyslové biotechnologie – nezastupitelná alternativa nových možností a udržitelnosti v chemickém průmyslu, 2020

2. Industrial Biotechnology Roadmap <https://www.ibioic.com/publications-database/industrial-biotechnology-roadmap>
3. Roadmap for the Chemical Industry in Europe towards a Bioeconomy “RoadtoBio roadmap
4. Biorefineries -an overview-Science Direct Topics <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/biorefineries>
5. Deáková T : Bioplasty. Převratný materiál budoucnosti, nebo jen další problém? <https://www.googleadservices.com/pagead/aclk?> 23.10.2019
6. European Pharmacy Industry 2022-2026 <https://www.reportlinker.com/report-summary/Pharmacy/159390/European-Pharmacy-Industry.html>
7. Biogas Plant Construction <https://www.googleadservices.com/> -q-
8. SVA 5 SUSCHEM CZ, listopad 2022

5. Klíčové technologie

Chemický a biotechnologický výzkum přináší stále nové poznatky a náměty nových technologií, které nabízejí řešení hlavních problémů rozvoje dnešní moderní doby. Ne všechna navrhovaná řešení jsou v makro měřítku realizovatelná, navíc je třeba odpovědně posuzovat nejenom technickou proveditelnost, ale také ekonomiku nového záměru a vliv na životní prostředí. To je zásadně ovlivňováno jednak cenou surovin a energií, ale také stále probíhajícím procesem legislativních změn.**1)**

Za klíčové technologie pro požadovanou dekarbinizaci hospodaření lze považovat :

- CCU
- Transformace a ukládání energií
- Výroba nízko emisního vodíku
- Technologie recyklace odpadů
- Jaderná energetika
- Biotechnologie
- Nanotechnologie
- Transformace rafinérsko petrochemického komplexu
- Technologie pro přípravu pokročilých materiálů

Výzkumné organizace se sídlem v EU mají silné aktivity v oblasti technologií elektrolýzy a mohou být silnou pákou pro rychlý vývoj těchto technologií v EU. Evropská výzkumná centra jsou také v čele technologie CCU.**2)**

Tabulka č. 12 Hlavní aktivity v rozvoji klíčových technologií 3)

	2020-2025	2025-2030	2030-2050
CCUS, CCU	Zachycování a používání/skládování CO ₂	Výzkum technologií CCU (TRL 3)	Realizace CCU v petrochemickém průmyslu (TRL 9)

Transformace energie	Rekonstrukce uhelných elektráren na paroplynové Vývoj fotosenzitérů pro zvýšení účinnosti FVČ	Nové typy FVČ (TRL 3)	Koncentrační solární články (TRL 8)
Ukládání energie	Vývoj nových baterií Vývoj výroby lithia	Pevnolátkové baterie Nákladově efektivní skladování energie	Nové druhy baterií pro ukladování energií
Výroba vodíku	Elektrolýza	Zpracování plastových odpadů	Štěpení vody fotokatalýzou
Jaderná energetika	Vývoj zpracování jaderného odpadu	SMR	Nová jaderná paliva Vývoj jaderné fúze
Rafinérsko petrochemický komplex	Využití surovin z biomasy Optimalizace stávajících procesů	Syntetická paliva Zpracování druhotných surovin z pyrolýzních produktů na chemikálie	Výroba zeleného amoniaku, etylenu močoviny Elektrifikace
Biotechnologie	Bio plyn Biopesticidy	Bio hnojiva Biokatalyzátory Biorafinerie 2. generace	Biorafinerie 3. generace (TRL 9)
Nanotechnologie	Materiály pro FVČ a baterie	Graphen a jeho deriváty (TRL 8)	Senzory (TRL 9) nanokompozitní materiály a lepidla (TRL 9) multikomponentních hybridních systémů (TRL 8)
Recyklace	Vývoj plazmového zplyňování odpadu	Komeracionalizace chemického zplyňování odpadů (TRL 9)	plazmové zplyňování odpadů (TRL 9)
Pokročilé materiály	Aditivní výroba, 3D a 4D tisk Nano a mikro tisk pro průmyslovou výrobu Laserové a plazmové technologie Molecular manufacturing	Cílená konstrukce molekul (TRL 7) Hybridní materiály (TRL 8)	Molecular manufacturing (TRL 9)

	Dvoudimenzionální chemie		
--	--------------------------	--	--

Vybrané technologie pro výrobu pokročilých materiálů v podmínkách ČR:

- Nanotechnologie
- Aditivní výroba, 3D a 4 D tisk, Nano a mikro tisk pro průmyslovou výrobu
- Biotechnologie a biorafinace
- Technologie zpracování druhotných surovin z pyrolýzních produktů na chemikálie
- Laserové a plasmové technologie
- Plastic deformation (SPD special processing technique)
- Chemické postupy pro zpracování odpadů
- Molekulární výroby (molecular manufacturing)
- Technologie Nanospider pro průmyslovou výrobu nanovláknenných textilií založená na principu zvlákňování v silném elektrickém poli (elektrospinning), nově technologii odstředování a slibná technologii AC zvlákňování
- vývoj nové třídy multikomponentních hybridních systémů složených z centrálního materiálu, nejčastěji fotoaktivního polovodiče na bázi oxidů kovů (TiO_2 , $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, ZnO , WO_3 , BiVO_4 , atd), a materiálů na bázi uhlíku s řízeným tvarem a dimensionalitou (1D-nanotrubky, 2D-ultra tenké filmy, 3D-větvená nano architektury). Tyto materiály jsou fotokatalyticky a elektrokatalyticky vysoce aktivní a využitelné pro široké spektrum energetických a environmentálních aplikací zahrnující například štěpení vody, fotokatalýzu, fotoelektrokatalýzu nebo barvivem senzitivované solární články.
- Další zajímavou technologií budoucnosti je plazmové zplyňování odpadu, kdy prostřednictvím pyrolýzy za teplot několika tisíc stupňů Celsia a nedostatku vzduchu dochází k přeměně odpadu na syntézní plyn. Ten lze využívat v mírně upravených kogeneračních jednotkách stejně jako zemní plyn;
- Pyrolýza metanu;
- Vývoj tištěných fotovoltaických panelů;
- Technologie spojování multimateriálů s multifunkčními vlastnostmi.

Materiálová technologie – např. vývoj užitečných materiálů, materiálů šitých na míru (např. pro zdravotní péči a výživu), inteligentních materiálů (se speciálními elektrickými, optickými, mechanickými a magnetickými vlastnostmi), materiálů pro nové udržitelné technologie, pokročilé katalyzátory. Ve střednědobém horizontu se bude jednat o vývoj syntéz tzv. „hostujících“ nano částic pro nanomedicinu. Z hlediska dlouhodobé perspektivy jsou hlavními kandidáty využití výsledků výzkumu v oblasti nanotechnologií informační a komunikační technologie, jenž nahradí stávající mikroelektroniku nanoelektronikou. Zde sehrají významnou roli uhlíkové nanotrubičky a fullereny. Očekává se, že se budou rozvíjet metody výroby tenkých nanodrátků do nanosenzorů (např. pro detekci chemických a biologicky nebezpečných látek).

Využití CO_2 jako chemické suroviny vyžaduje rozšíření spolehlivé infrastruktury pro přepravu a skladování CO_2 , protože hlavní překážkou pro chemický průmysl je nedostatečný přístup k potrubí a skladování CO_2 . Prostřednictvím místní průmyslové symbiózy CO_2 produkovaný energeticky náročným průmyslem, např. ocelářský průmysl, může být využíván blízkým

chemickým průmyslem, aniž by bylo nutné rozšiřovat infrastrukturu pro přepravu a skladování CO₂.

Vývoj pokročilých materiálů je často spojen s vývojem technologie. Jako příklad lze uvést nanomateriály, které jsou spojeny s vývojem vhodných technologií. Od evoluční nanotechnologie, při které se zlepšovaly existující procesy, materiály a aplikace tím, že se využívají jedinečné kvantové a povrchové jevy na úrovni nanometrů.

Následný objev graphenu vedl k otevření nové kapitoly chemického výzkumu- tzv. dvoudimenzionální chemie (např. vícesložkových hybridních systémů jako vysoce fotokatalyticky a elektrokatalyticky aktivních materiálů pro široké portfolio energetických a environmentálních aplikací, vývoj uhlíkové tečky představující biokompatibilní a ekologicky šetrné fotoluminiscenční nanomateriály, jejichž optické vlastnosti lze řídit pomocí velikosti částic, dopací v grafitickém jádru a chemickým charakterem povrchových funkčních skupin. Mají potenciál zvýšit efektivnost solární energetiky.)

V současné době se rozvíjí tzv. revoluční (extrémní) nanotechnologie, která zahrnuje manipulaci s atomy a molekulami. Jde o samoreplikující se a samosestavující se systémy, které mohou mít uplatnění v elektronice, automobilovém a leteckém průmyslu, pokročilé povrchové úpravě nebo lékařství.

Významnou skupinu relativně nových procesů představují technologie pro zachycování a ukládání uhlíku (CCS) a zachycování a využívání uhlíku (CCU) (viz. kap. 2.1.), dále rozvoj dostupných technologií pro chemickou digitální výrobu, metanizaci CO₂, výroba zeleného metanolu z CO₂ a výroba etanolu s využitím CO₂ (homologací metanolu)

Nové technologie a nové udržitelné procesy, jako je Carbon Capture, Storage and Utilization (CCSU) nebo elektrifikace energeticky náročných procesů, umožní průmyslu snížit spotřebu energie a zdrojů, dekarbonizovat výrobní procesy a chránit životní prostředí.

Mnoho vědeckých týmů na světě intenzivně pracuje na vývoji technologií výroby vodíku s cílem navrhnout nové a účinnější průmyslové metody výroby vodíku, aby se snížila spotřeba energie. Zkoumány jsou možnosti fotokatalytického štěpení vody za použití vhodných katalyzátorů (např. oxihydroxidu niklu) nebo termochemická výroba vodíku s vysokou účinností. Podrobně se výrobou vodíku zabýváme v kap 4.2.

Úkolem vývoje procesu, respektive chemického inženýrství, je extrapolovat chemickou reakci objevenou a prozkoumanou v laboratoři do průmyslového měřítka s ohledem na ekonomické, bezpečnostní a ekologické podmínky. Vývoj chemických procesů je složitý postup Pro jednotlivé vývojové fáze jsou vytvářeny předpoklady, které jsou potvrzeny nebo vyvráceny až při práci na další fázi. **4)**

V ČR máme několik významných pracovišť VaV, která mají nejenom zkušenosti, ale i úspěchy z realizace nových technologií. Např. Ústavu chemických procesů, AV ČR, v.v.i Praha, VŠCHT Praha, Orlen UniCRE, Technická univerzita Liberec, VŠ B-TU Ostrava a další. O úspěšném zavedení výroby dicyklopentadienu v ORLEN Unipetrol, která byla vybudována na základě spolupráce Orlen UNICRE s VŠCHT Praha. Technologický proces izolace DCPD z tzv. lehkého

pyrolýzního benzínu byl vyvinut v rámci dlouhodobého strategického projektu využití vedlejších produktů Ethylenové jednotky a strategie rozvoje výroby výrobků s vyšší přidanou hodnotou.

Na obrázku č. 6 je nově vybudovaná výrobní dicyklopentadienu



Centrum CirkTech VŠCHT Praha společně s Lafarge poloprovozně ověřuje technologii výroby lithia ze surovin v ČR na bázi vysokoteplotního zpracování.

Česká republika se již mnoho let řadí ke světové špičce v aplikaci nanotechnologií v průmyslu a spotřebním zboží. Technická univerzita v Liberci vyvinula technologie Nanospider pro průmyslovou výrobu nanovlákných textilií a technologii AC zvlákňování. Jejich úspěšný vývoj a zavedení do průmyslové výroby jsou navázány dalšími firmami jako nanoSpace s.r.o. (výrob produktů z nanovlákných membrán vhodných pro alergiky a astmatiky, vývoj biodegradabilních nanomembrán). Další firma Nano Medical zavedla výrobu filtračního nanomateriálu pro nanoroušky a nanorespirátory AntiMicrobe Web R se zachytem virů vyšším než 99,9 %. Roudnická společnost PARDAM NANO4FIBERS s.r.o. je předním světovým výrobcem anorganických nanovláken a nanotechnologických produktů.

V oblasti dvoudimenzionální chemie, nano hybridních materiálů a nových materiálů pro superkondenzátory na dusíkem dopovaného grafenu lze uvést práce olomouckého Českého institutu výzkumu a pokročilých technologií (CATRIN).

Cílem SUSCHEM CZ je zachování konkurenceschopnosti českého chemického průmyslu. Mezi hlavní strategické oblasti, které to zásadně ovlivní, jsou suroviny, baterie, vodík, polovodiče, dekarbonizace, aktivní farmaceutické složky a špičkové technologie jako jsou nanotechnologie, membránové technologie nebo digitální technologie a služby.

S ohledem na současné trendy lze očekávat, že vývoj technologií v rafinerském a petrochemickém průmyslu bude intenzivní především v oblasti využití alternativních surovin a ve zlepšení účinnosti výrobních procesů (např. zlepšené katalyzátory včetně biokatalyzátorů, zintenzivnění procesů, IT a modelování, uzavírání recyklace zdrojů). Nové katalyzátory umožní provozování rafinerských procesů při nižších teplotách, tlacích s vyšší konverzí a selektivitou. Za perspektivní rafinerské technologie jsou považovány především hydro-krakování a hydrogenační rafinace Petrochemicky Fischer-Tropschovou syntézou bude možno vyrábět syntetickou ropu např. z plynu. S ohledem na pokroky technologické i pokroky ve vývoji hydrorafinačních katalyzátorů bude u konverzních procesů výhodnější rafinovat surovinu než produkty získané její konverzí a rozšířit si tak zdroje surovin. Vodík pro hydrogenační technologie v rafinerii a petrochemii bude místo z katalytického reformování stále více získáván parním reformováním lehkých uhlovodíků (alternativní uplatnění např. pro benzinové uhlovodíky) nebo elektrolýzou. Postupné zavádění výroby produktů a používaných surovin na bázi bio-komponent při společném zpracování s ropou, resp. fosilními surovinami (koprocesing). Snižování emisí CO₂ bude spojené s technologiemi pro separaci a záchyt oxidu uhličitého a jeho využití jako doplňkové suroviny do stávajících procesů. Rozvíjet se bude proces parciální oxidace (POX), zejména na optimalizaci zplyňování ropných zbytků. **5)**

Častým impulsem pro vývoj nového průmyslového procesu je objev nového materiálu. Jako příklad může sloužit objev grafenu. Následuje hledání procesu jeho přípravy v průmyslovém měřítku, včetně případného katalyzátoru. Dále vhodné a dostupné suroviny, návrh vhodného zařízení. V neposlední řadě marketingový průzkum a spolupráce s potenciaálními zákazníky při zlepšování vlastností finálního výrobku. Po celou dobu řešení projektu je třeba sledovat splnění požadavků současné i budoucí legislativy. Hlavní je najít investora a spolupracovat s ním během dokončování vývoje.

Bariery rozvoje moderních chemických technologií:

- Dlouhodobé řešení legislativy (např. nanotechnologie)
- Omezené možnosti MSP získat dotace na vývoj a aplikaci nových technologií
- Některé nové technologie jsou ekonomicky znevýhodněny oproti konvenčním technologiím vysokou cenou elektřiny
- Nedostatek disponibilních finančních prostředků na inovace díky dopadům energetické krize, případně recese.

Zdroje:

1. Transition Pathways for the Chemical Industry: <https://cefic.org/media-corner/newsroom/the-eu-chemical-industry-embarks-on-a-green-deal-transition-pathway-in-a-make-or-break-moment-for-the-sector/>
2. Roadmap Chemie 2050, Eine Studie von DECHEMA und FutureCamp für den VCI.2019
3. Vogel H. DEVELOPMENT OF CHEMICAL PROCESSES CHEMICAL ENGINEERING AND CHEMICAL PROCESS TECHNOLOGY – Vol. IV – Development Of Chemical Processes <https://www.eolss.net>

4. Advanced materials and chemicals,
<https://prod5.assetcdn.io/event/7788/assets/8344205751-b86a937e20.pdf>
5. Lederer J.: Zpracování ropy a petrochemie, podkladová studie pro CM SUSCHEM CZ, 2019

6. Očekávané přínosy a rozsah zapojených zdrojů a schopnost využít další

investice do výzkumu a inovací

6.1. Očekávané přínosy

Cílem CM je zajistit udržitelnost českého chemického průmyslu a zaměstnanosti i v podmínkách obnovy hospodářství po hospodářské krizi v důsledku pandemie Covid-19 a války na Ukrajině, nutnosti realizovat opatření vyplývající z megatrendů, zejména END a Strategie udržitelnosti chemických látek. Cílem je zvyšovat produktivitu, která je hlavním měřítkem ekonomické prosperity při udržení zaměstnanosti. To si vyžádá podporu mobility lidí do sektorů s vysokou přidanou hodnotou. Nové a čistší průmyslové procesy a technologie by pomohly nejen snížit ekologickou stopu výroby chemikálií, ale také snížit náklady, zlepšit připravenost trhu a vytvořit nové trhy pro udržitelný chemický průmysl ČR.

Úspěšnost realizace inovací navržených v CM bude dále posuzována těmito parametry: Produktivita, vývoj tržeb, exportní výkonnost, přidaná hodnota, objemem investic. Jako výchozí základna pro posuzování bude použit rok 2019- tedy před pandemií a válkou na Ukrajině.

Globální cíle EU:

- Hlavním cílem Zelené dohody pro Evropu je snížení emisí CO₂ oproti roku 1990 o 55 % do roku 2030 a dosažení uhlíkové neutrality do roku 2050, v podmínkách ČR to představuje snížení celkových emisí skleníkových plynů o 80–95 % do roku 2050 v porovnání s rokem 1990.
- Postupně nahradit ropu (fosilní paliva) s cílem 30% náhrady do roku 2030. Rozvoj technologií CCU s využitím CO₂ jako obnovitelné energie a suroviny, podstatně snižuje tlak na fosilní paliva, biomasu a využívání půdy
- EU si stanovila ambiciózní cíl do roku 2035 recyklovat 65 procent komunálních odpadů. Zákaz skládkování odpadů od roku 2030 vyžaduje modernizaci odpadového hospodářství v ČR.
- Snížení spotřeby neobnovitelných primárních surovin až o 20 % ve srovnání se současnou spotřebou zvýšením výtěžků chemických a fyzikálních transformací, použitím sekundárních surovin (prostřednictvím optimalizovaných recyklačních procesů) a obnovitelných surovin.
 - Nové bio založené produkty v průměru sníží emise CO₂ nejméně o 50 % ve srovnání s jejich fosilními alternativami.
 - Farm to Fork předpokládá do roku 2030 snížení spotřeby pesticidů až o 50 % a hnojiv o 20 %

- Směrnice Evropského parlamentu a Rady EU RED II stanovuje v každém členském státě v roce 2030 dosáhnout cílový podíl obnovitelné energie (OZE) na konečné spotřebě energie ve výši minimálně 14 %. Dalším podstatným faktorem je zajištění spotřeby tzv. pokročilých paliv na bázi odpadní biomasy a dalších zemědělských odpadů ve výši minimálně 3,5 %, dále pak omezení podílu biopaliv I. generace na celkové spotřebě energie na maximálně 7 % a konečně biopaliv na bázi vybraných odpadních olejnatých surovin na maximálně 3,4 %.
- Strategie udržitelnosti chemických látek požaduje eliminaci nebo snížení používání potenciálně nebezpečných chemických látek ve finálních produktech a jejich náhradu s cílem potlačení používání potenciálně nebezpečných chemických látek pro dosažení netoxického prostředí.

Další cíle, které mají přispět k splnění globálních cílů:

- rekuperace 15% ztrát tepla a s tím spojené snížení nákladů na energii a emisí CO₂ prostřednictvím optimalizace procesu;
- 20-50% snížení spotřeby energie v průmyslových procesech prostřednictvím nových systémů skladování energie, prostřednictvím efektivnějších pecí, pecí, kotlů, odlučovačů, čerpadel, výměníků tepla a systémů hospodaření s teplem;
- Zvýšit účinnost přeměny energie u komerčních fotovoltaických článků o 10 % uplatněním nových materiálů a nových typů fotovoltaických článků;
- Vyvinout baterie s energetickou hustotou až 10x vyšší, než je u současných Li-ion baterií;
- Vývoj zařízení s účinností generování solárního vodíku cca o 20 % vyšší, než je účinnost současné fotovoltaické technologie;
- Vyrábět ze slunečního záření energii za srovnatelné náklady s konvenčními elektrárnami;
- Vývoj termochemická výroba vodíku (typická účinnost v rozmezí od 35 % do 49 %.);
- Zastavení spalování uhlí v ČR od roku 2038;
- O 30% vyšší využití aktiv větrných a solárních zařízení prostřednictvím výroby vodíku;
- Zvýšit míru recyklace na 50 %.

Zásadní předpoklad pro úspěšnou realizaci transformace je dostatek elektřiny za dostupnou cenu. Reálný vývoj v současné době je však zcela opačný – raketový nárůst ceny elektřiny ohrožuje nejenom chemický průmysl, ale i řadu dalších odvětví a v neposlední řadě i obyvatele.

6.2. Výdaje na výzkum a vývoj

I když uvažujeme, že některé špičkové technologie pro realizaci transformace budou zakoupeny ze zahraničí, v lepším případě v rámci mezinárodní spolupráce ve výzkumu a vývoji, bez mobilizace české VaV a její orientace na prioritní úkoly nelze dosáhnout požadovaných cílů. Je evidentní, že budou podporovány zejména úlohy aplikovaného výzkumu zaměřené na dosažení cílů Fit for 55, Strategie udržitelnosti chemických látek, naplňování Vodíkové strategie, rozvoje jaderné energetiky, zabezpečení udržitelnosti zemědělství při zachování potřebné podpory základního výzkumu.

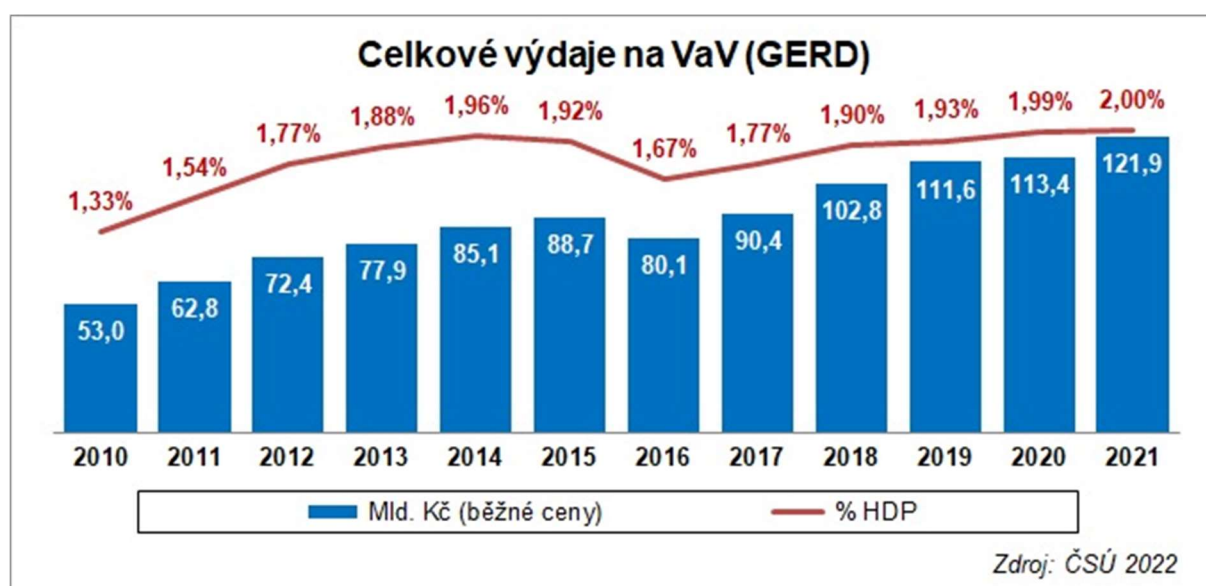
V CM SUSCHEM CZ 1) byly potřebné výdaje na výzkum v letech 2021-2030 jen pro chemický průmysl odhadnuty na 30 mld Kč, z toho 70 % z veřejného sektoru a 8 % z prostředků EU.

Pro období do roku 2050 pro výzkum a vývoj v chemickém průmyslu ČR byly předběžně oceněny požadované finanční zdroje na 114 mld Kč. V tom nejsou zahrnuty výdaje na nákup nových technologií ze zahraničí a výdaje na výzkum v oblasti jaderné energetiky.

Dlouhodobě sledovaným ukazatelem v rámci mezinárodního srovnání je podíl výdajů na výzkum z HDP. Státy v EU mají cíl dosáhnout stavu, že na investice do výzkumu a inovací směřují celkem 3 % hrubého domácího produktu – a to dohromady z veřejných i soukromých zdrojů. Toto mělo být splněno do roku 2010. Nestalo se. A tak byl úplně stejný cíl posunut až do roku 2030.

Výdaje na výzkum a vývoj v ČR v roce 2021 meziročně vzrostly o 7,5 procenta na 121,9 miliardy korun. Poprvé dosáhly 2 % HDP. V podílu výdajů na výzkum a vývoj na HDP řadí na desáté místo v EU. Podniková sféra vynaložila na výzkum a vývoj 76,6 mld. Kč. Zdroje EU se podílely 7,8 mld. Kč.

Obrázek č.7 Vývoj výdajů na VaV v ČR



V roce 2021 bylo na výzkum vynaloženo v odvětví farmaceutického průmyslu 1,4 mld Kč, v odvětví chemického průmyslu (NACE 20) 1,2 mld Kč a v gumárenském a plastikářském průmyslu 1,1 mld Kč. Ani v jednom z těchto odvětví tento podíl neodpovídá podílu na průmyslu.

Už v rámci Horizon 2020 vznikl program Widening („rozšiřování“), který zajišťoval 1 % z celkového rozpočtu pro výzkumné aktivity patnácti chudších zemí EU, včetně České republiky. Widening pokračuje i v novém programu EU pro financování inovací pro léta 2021 až 2027 Horizon Europe. Má rozdělit 95,5 miliardy eur. V něm peněz pro chudé přibýlo – v rámci programu Widening mají dostat 3,3 % z celkové částky na inovace, tedy přes tři miliardy eur. Věda a technika – základ rozvoje moderní ekonomiky – ve střední a východní Evropě má velký potenciál, ale zatím málo výsledků. Měly by tak pomoci další evropské peníze, které směřují i do ČR.

Vzhledem ke svému odlišnému historickému vývoji a jinému dlouhodobému zaměření svého hospodářství nemají všechny evropské země stejnou inovační kapacitu. Výzkumní pracovníci v těchto zemích mají stále velké problémy, když soutěží s kolegy v západní Evropě o peníze rozdělované prostřednictvím výzkumných a inovačních programů EU. Pak také obtížněji

získají výsledky, které by se daly ekonomicky využít. Propast mezi inovacemi na západě a východě EU by měly zúžit vyšší dotace na výzkum.

Z hlediska zdrojů financování výzkumu může ČR čerpat v rámci Národního programu obnovy 12,5 mld Kč. EU požaduje, aby tyto prostředky byly vynaloženy na projekty s průřezovými prioritami zelené a digitální transformace.

Ze státního rozpočtu

RVVI 20.5.2022 schválila finální materiál Návrh výdajů státního rozpočtu ČR na výzkum a vývoj na rok 2023 s výhledem na léta 2024 a 2025. Celkové objemy výdajů jsou navrženy takto:

na r. 2023 celkem 39,32 mld. Kč

na r. 2024 celkem 43,66 mld. Kč,

na r. 2025 celkem 45,22 mld. Kč

Požadavkem dnešní doby je nadále zvyšovat podíl soukromého sektoru na financování výzkumu a inovací, zvyšovat tlak na akademický výzkum orientovat se na projekty směřované k průmyslové realizaci a lepší využívání prostředků EU k financování výzkumu. Ne všechny uvažované modernizační a inovační technologie budou založeny na vlastním výzkumu, řadu ověřených technologií a speciálních zařízení bude nutno dovézt. O realizaci strategických investic rozhodují majitelé výrobních firem, z nichž významnou část tvoří zahraniční majitelé. Soubor námětů pro orientaci našeho výzkumu představuje SVA.

RVVI 27. 10. 2022 projednala parametry možného navýšení alokace grantových prostředků z Národního plánu obnovy, odkud je na oblast výzkumu a vývoje dosud určeno 8,5 mld. Kč.

6.3. Investiční Výdaje na modernizaci stávající výrobní základny chemického průmyslu ČR

Potřebné investiční výdaje na modernizaci stávající výrobní základny chemického průmyslu ČR do roku 2050 a v SVA 5 navrhovaných inovací nebyly dosud komplexně odhadnuty. Existuje však několik dopadových studií jako např.

- Studie proveditelnosti a dopadu Zelené dohody pro Evropu a dekarbonizaci průmyslu do chemického sektoru ČR – s akcentem na zaměstnanost **2)**
- Economic Analysis of the Impacts of the Chemicals Strategy for Sustainability, CEFIC **3)**
- Studie dopadů balíčku Fit for 55 na hospodářství ČR, Deloitte 2022 **4)**
- Dlouhodobá konkurenceschopnost chemického průmyslu v kontextu vývoje cen energie a dekarbonizace. SCHP ČR, květen 2022. **5)**

Na příklad ve studii Deloitte jsou odhadnuty výdaje na investice pro realizaci balíčku Fit for 55 pro chemický průmysl ve výši 27 mld Kč (celkem za ČR 588 mld. Kč). To považujeme za významně podhodnocené. Největší investice jsou očekávány v oblasti snižování spotřeby a instalace FVE.

Unipetrol Orlen ocenil potřebu investic na transformaci do roku 2030 na 35 mld Kč. Je třeba poznamenat, že relevantnost těchto údajů bude významně ovlivněna vývojem inflace, rostoucími cenami nejenom energií, ale i řady materiálů a jejich nedostatkem. Bude potřeba upřesnit požadavky později.

V CM SUSCHEM CZ 1) je uvedeno, že do roku 2030 bude potřeba 455 mld Kč mld pro investice. Důvodně lze předpokládat, že do roku 2050 přesáhnou potřebné investice pro chemický průmysl ČR 1 bilion Kč v závislosti na naplňování uvažovaných projektů, ale také na disponibilních zdrojích. V tomto údaji nejsou zahrnuty potřebné investice na jadernou energetiku.

Podle Ročenky SCHK CZ 2021 5) dosáhly investice v chemickém průmyslu ČR v roce 2021 32 770 mld Kč, což bylo o 5 % více než v roce 2020.

Tabulka č. 13 Investice v roce 2021

Odvětví	Investice v mld Kč	Poměr investice/ HDP v %
Chemický průmysl	11 635	38,07
Farmaceutický průmysl	3 876	16,90
Gumárenský a plastikařský průmysl	17 259	17,80
Chemický průmysl celkem	32 770	21,79
Zpracovatelský průmysl	298 557	23,18

Klíčové možnosti podpory

Masivní investice, které jsou vyvolány balíčkem Fit for 55 a dlouhodobým směřováním k dekarbonizaci musí být podpořeny vhodnou formou finanční podpory. Podporu lze v ČR čerpat z několika fondů a programů, které jsou v současnosti dostupné obvykle pro období 2021-2027.

- Evropské strukturální a investiční fondy – ESIF (OP TAK, OP JAK, ...) 2021-2027 488,5 mld. Kč
- OP Spravedlivá transformace (OPST) 2021-2027 téměř 550 mld Kč, které lze použít na digitální transformaci, rozvoj regionů i na postcovidovou obnovu či na zmírnění důsledků ukrajinské krize či v boji s rostoucími energiemi
- Národní plán obnovy (NPO) 2021-2023 190,6 mld. Kč (+ očekávané zvýšení o 24 mld. Kč)
- Modernizační fond 4)
Tento fond má členskými státy Evropské unie pomoci s rozvojem nízkouhlíkových technologií, modernizací energetických systémů a zlepšením energetické účinnosti. Modernizační fond čerpá prostředky zejména z monetizace emisních povolenek v systému EU ETS. Celkový objem financí ve fondu tak závisí na ceně emisní povolenky. Částka, která je v období 2021-2030 k dispozici pro ČR odpovídá 15,6 % celkových prostředků.
Pro ČR by tak bylo při ceně 30 EUR za povolenku k dispozici přibližně 150 mld. Kč, při ceně 100 EUR za povolenku by to bylo až 500 mld. Kč. Při současných cenách povolenky kolem 90 EUR vychází celková alokace 450 mld. Kč.

Národní plán obnovy

Národní plán obnovy je plánem reforem a investic ČR ke zmírnění dopadů pandemie COVID-19 a znovunastartování ekonomiky s využitím finančních prostředků tzv. Nástroje pro oživení a odolnost (NOO), který je největším nástrojem z unijního plánu obnovy Next Generation EU s celkovým objemem 750 miliard eur (přes 19 bilionů korun). Členským státům Evropské unie má pomoci řešit hospodářské a sociální dopady pandemie koronaviru a zajistit, aby ekonomiky uskutečnily ekologickou a digitální transformaci a staly se udržitelnějšími

Operační program Technologie a aplikace pro konkurenceschopnost

Tento program má za cíl podporu českých podnikatelů v programovém období 2021–2027. Z Evropského fondu pro regionální rozvoj je pro tento operační v přepočtu cca 81,5 mld. Kč, z nichž pro účely zelené transformace je vyčleněno 31,1 mld. Kč. Řídícím orgánem OP TAK je Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR (MPO). Podpora je cílena především na malé a střední podniky

Operační program životní prostředí

Celková alokace tohoto programu v ČR v letech 2021–2027 je 61 mld. Kč. Program je určen především pro veřejný sektor. Pro účely zelené transformace je alokováno 19,2 mld. Kč.

Operační program spravedlivá transformace

Tento program řeší dopady odklonu od uhlí v nejvíce zasažených regionech ČR (Karlovarský, Moravskoslezský a Ústecký kraj). Cílem tohoto programu je zmírnit dopady transformačního procesu na ekonomiku, obyvatele a životní prostředí a zajistit nová pracovní místa nebo obnovit krajinu zasaženou těžbou. Program bude financován z evropského Fondu pro spravedlivou transformaci. Alokace pro ČR je v období 2021–2027 celkem 42,7 mld. Kč, z nichž pro účely zelené transformace lze využít prostředky z těchto prioritních oblastí v celkové výši 5,3 mld. Kč, které mohou být využity např. na podporu výroby a využití vodíku.

Inovační fond

Cílem Inovačního fondu je podpora velkých inovativních projektů demonstrujících nízkouhlíkové technologie a postupy v energeticky náročných průmyslových odvětvích, v oblasti obnovitelných zdrojů energie, skladování energie, zachycování a ukládání uhlíku (CCS) či v průmyslovém zachycování a využívání uhlíku (CCU). Inovační fond bude v letech 2020 až 2030 financován příjmy z dražeb nejméně 450 milionů povolenek a veškerými nevyužitými příjmy z druhé výzvy předchozího programu, NER 300. Celkem by tak v tomto období mělo být k dispozici přibližně 25 miliard EUR (při ceně emisní povolenky 50 EUR/tCO₂).

Další možnosti financování:

- Národní programy (TA ČR, MPO,)
- Danové odpočty na výzkum a vývoj Investiční pobídky
- Unijní programy – Horizon EU, Invest EU, Digitální Evropa, CEF, Life

Poměrně úspěšně se rozvíjí čerpání z Modernizačního fondu, zejména na podporu výstavby nových obnovitelných zdrojů., včetně výstavby velkých fotovoltaických elektráren na brownfieldech nebo méně úrodné půdě, bateriových uložení pro stabilizaci energetické sítě, ale také v oblasti rozvoje výroby vodíku. Další velké fotovoltaiky vznikají na střechách

průmyslových či logistických areálů díky dotaci z Operačního programu Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost.

Vzhledem k relativně krátké době, do kdy mají být projekty realizovány, úspěšně mohou zejména již připravené akce. Bude třeba vyvinout nemalé úsilí, aby byly vyčerpány disponibilní finance v rámci výše uvedených programů. Firmy, které budou v ČR rozvíjet výrobu fotovoltaických panelů, baterií pro skladování energie, materiálů pro zateplování budov či zařízení pro zvyšování energetické účinnosti, bude vláda považovat za strategické investory. Dosáhnout by tak mohly na vyšší podporu státu formou investičních pobídek.

Kromě výše uvedených zdrojů, má být k dispozici ještě Sociální klimatický fond, jehož podoba a alokace zatím není definitivně schválena. Tento fond by měl zabránit energetické chudobě způsobené přechodem na čistší energetiku.

Jaká bude dotační politika EU po roce 2027 není doposud známo, je to však rozhodující období pro naplnění cílů EU.

Zdroje:

1. Cestovní mapa průmyslové modernizace a zavádění pokročilých technologií v chemickém průmyslu, SUSCHEM CZ, 2021,
2. Peterka a kol.: Studie proveditelnosti a dopadu Zelené dohody pro Evropu a dekarbonizaci průmyslu do chemického sektoru ČR – s akcentem na zaměstnanost, konference Podpora sociálního dialogu v chemickém průmyslu ČR, Praha 2020
3. Economic Analysis of the Impacts of the Chemicals Strategy for Sustainability, CEFIC 12.2021
4. Fanta M., Rod A.: Dopadová studie: Dlouhodobá konkurenceschopnost chemického průmyslu v kontextu vývoje cen energie a dekarbonizace. www.schp.cz, květen 2022
5. ROČENKA 2021 O VÝVOJI CHEMICKÉHO PRŮMYSLU V ČR, www.schp.cz
6. Studie dopadů balíčku Fit for 55 na hospodářství ČR, Deloitte 2022

7. Strategie meziodvětvové spolupráce

Splnění cílů CM SUSCHEM CZ vyžaduje rozvíjet efektivní spolupráci s celou řadou partnerů jak v ČR, tak v zahraničí. Především se jedná o výrazné rozšíření spolupráce s hlavními aktéry v chemickém průmyslu a v navazujících strategických odvětvích jako je energetika, automobilový, elektrotechnický průmysl, zemědělství, potravinářství, zdravotnictví, ale také s MSP, které již v minulých letech prokázaly velký inovační potenciál.

Cílem je maximalizovat využití české výzkumné základny pro inovace s vyšším řádem a urychlení obnovy české ekonomiky a postupné naplňování strategických cílů GND a Strategie udržitelnosti, chemických látek.

Vedle tradiční spolupráce s ETP SusChem se jedná i o aktivní spolupráci s TP v řadě oblastí jako je výroba plastů, České vodíková technologická platforma, ČTP pro biopaliva, ČTP Udržitelná energetika, Česká membránová platforma a některé další.

Pokračovat ve spolupráci s Českou společností průmyslové chemie, zejména při organizování Mezinárodní chemicko-technologické konference, která poskytuje prostor pro mezinárodní spolupráci mezi podniky, vysokými školami a výzkumnými pracovišti. Důležité bude dále rozvíjet spolupráci s velkými výzkumnými infrastrukturami, které v době nouzového stavu

prokázaly svou flexibilitu a schopnost využít svůj odborný potenciál a moderní přístrojové vybavení k řešení aktuálních problémů v ochraně obyvatel.

Pozitivně se rozvíjí spolupráce s krajskými orgány a konkrétní spolupráce při zpracování strategií rozvoje kraje (např. Ústecký kraj a nově i Karlovarský kraj ve spolupráci se Sokolovskou uhelnou společností). SUSCHEM CZ je zapojen i do aktivit v Severomoravském kraji v rámci projektu CirkArena (Operační program Spravedlivá transformace).

Tradičně důležitá je spolupráce s SCHP ČR, MPO ČR, MZP ČR, s TAČR a dalšími státními organizacemi.

Iniciovat spolupráci při vývoji více odvětvových systémů podporovaných různorodou škálou místních a globálních komunit, společností, vlád a organizací občanské společnosti.

Zefektivnění mezioborové spolupráce, rozvoj spolupráce na regionální úrovni má ambice výrazně přispět k rozvoji cirkulárního hospodaření, uplatňování principů Chemie 4.0. a budování regionální energetiky. Musíme předpokládat, že dojde ke změně struktury českého průmyslu v důsledku energetické krize, GND, Strategie udržitelnosti chemických látek a dalších opatření EU. Proto je důležité koncentrovat zdroje a síly do projektů s dlouhodobou udržitelností.

8. Závěry

Aktualizace CM z roku 2020 byla nutná zejména k zásadním změnám ve světové a evropské ekonomice, vyvolané zejména válkou na Ukrajině, navazujícím vznikem energetické krize, vysokou inflací a zásadním narušením zavedených dodavatelsko-odběratelských vazeb.

Tento negativní vývoj si vyžádal změnu některých strategií (např. v sektoru energetiky díky omezení zdrojů plynu), výrazně snižuje disponibilní zdroje pro nové inovativní investice a ohrožuje splnění vytyčených cílů v dekarbonizaci nebo v naplňování Strategie udržitelnosti chemických látek.

Extrémní nárůst cen plynu a elektřiny ohrožuje řadu výrobních podniků nejenom v chemickém průmyslu, nelze vyloučit recesi, výrazně snižuje životní úroveň velké části obyvatel. Postupný útlum těžby uhlí, zastavení některých výrobních a přenesení jiných výrobních do zahraničí bude mít dopad na zaměstnanost a tvorbu HDP.

Závažnost dopadu negativního vývoje v rámci dodavatelsko-odběratelských vztahů můžeme dokumentovat vývojem v oblasti výroby průmyslových hnojiv. Extrémní ceny energií způsobily útlum výroby zejména dusíkatých hnojiv v Evropě, což spolu s výrazným omezením hnojiv z Běloruska a Ruska, způsobilo raketový nárůst cen hnojiv (až o 300-500 %), což výrazně omezilo hnojení a může v příštích letech znamenat pokles výroby potravinářských surovin. To vyvolá další zvyšování cen potravin s dopadem na životní úroveň obyvatel.

V Aktualizaci CM a SVA 5 navržená opatření jsou do jisté míry maximum nutného, nelze vyloučit, že dojde k dalším změnám podle vývoje ekonomiky nebo legislativy. V současné době není zatím upřesněn systém dotací ze strany EU po roce 2027, kdy končí dosavadní programy. Bez výrazných dalších dotací z EU však nebude možné v letech 2027-2050 naše navržené programy realizovat. ČR je v současné době exportérem elektřiny, ale po roce 2030 hrozí, že budeme importérem elektřiny závislým na jednotném energetickém trhu EU.

V době energetické krize čeká firmy vedle úspor další podstatný problém. Podniky z EU začne válcovat mimoevropská konkurence, která bude mít levnější energii. Čím je výroba energeticky nákladnější a produkt více komoditou, tím je tento efekt silnější. Evropě tak hrozí zánik celých odvětví. Chemická výroba, plasty, hutní a ocelářský průmysl, výroba skla a porcelánu i mnoho dalších oborů čelí hrozbě zániku. ČR má navíc v rámci EU čtvrtou energeticky nejnáročnější ekonomiku. Ta je zranitelnější i z dalších důvodů. Velkou část našeho průmyslu tvoří středně velké podniky, které nemají dostatečnou sílu, především kapitálovou, rychle se adaptovat v porovnání se silnými mezinárodními společnostmi. Navíc je stále zaměřen zejména na subdodávky. Subdodavatelé pracují s nízkými maržemi a obtížně získávají nové zákazníky, a to kvůli závislosti na hlavních klientech. Nízké marže pohltní nárůst cen energií a subdodavatel jen obtížně zdraží.

Otevřenou otázkou zůstává reálná bilance zdrojů biomasy. Zájemců přibývá (energetika, chemické využití), ale zdroje zatím nejsou komplexně zbilancované. Z našich propočtů jednoznačně vyplývá, že bez zdrojů zemního plynu ani do roku 2050 se neobejdeme. Zásadní pro stabilizaci cen plynu je co nejrychlejší ukončení války na Ukrajině.

9. Seznam použitých zkratk

AI	Umělá inteligence
CE	Cirkulární ekonomika
CLP	Označování a balení nebezpečných látek
CM	Cestovní mapa průmyslové modernizace a zavádění pokročilých technologií v chemickém průmyslu ČR SUSCHEM CZ
CRM	Kriticky ohrožené suroviny
CPL	Classification, Labelling and Packaging
CSP	Concentrated Solar Power
DSM	Demand Side Management
BECCUS	CCUS with Bio-Energy Resources
CSS	EU Chemicals Strategy for sustainability
CCUS	Carbon Capture Utilization and Storage
CCU	Carbon Capture and Utilization
DAC	Direct Air Capture
EBITDA	Zisk před odečtením úroků, daní a odpisů
ED	Endocrine Disruptor
ECHA	European Chemicals Agency
ETP	Evropská technologická platforma SUSCHEM
FVČ	Fotovoltaické články
GRA	Generic Risk Approach
IEA	Mezinárodní energetická agentura
HDP	Hrubý domácí produkt
HELMETH	Integrated High-Temperature Electrolysis and Methanation for Effective Power to Gas Conversion
LSB	Lithium sirné baterie
MSP	Malé a střední podniky
OZE	Obnovitelné zdroje energie
PB	Průmyslová biotechnologie

PBT	Persistent, Bioaccumulative and Toxic
PEM	Proton-Exchange-Membrane, Polymer Electrolyte Membrane
PMT	Persistent, Mobile and Toxic
POX	Parciální oxidace
REACH	Nařízení EU k registraci, evaluaci a autorizaci chemických látek
REPowerEU	Plán EU pro cenově dostupnější, bezpečnější a udržitelnější energii
RES	Renewable Energy Sources
RVVI	Rada pro výzkum, vývoj a inovace
SSbD	Safe and Sustainable by Design
SVHC	Substances of very high concern
SMR	Malé modulární jaderné reaktory
STOT	Specific Target Organ Toxic
SUJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
SÚRAO	Správa úložišť radioaktivních odpadů
SVA	Strategická výzkumná agenda
SVHC	Substances of very high concern
TRL	Úroveň technologické připravenosti
vPvB	vysoce persistentní a vysoce bioakumulativní
vPvM	very persistent and very mobile