



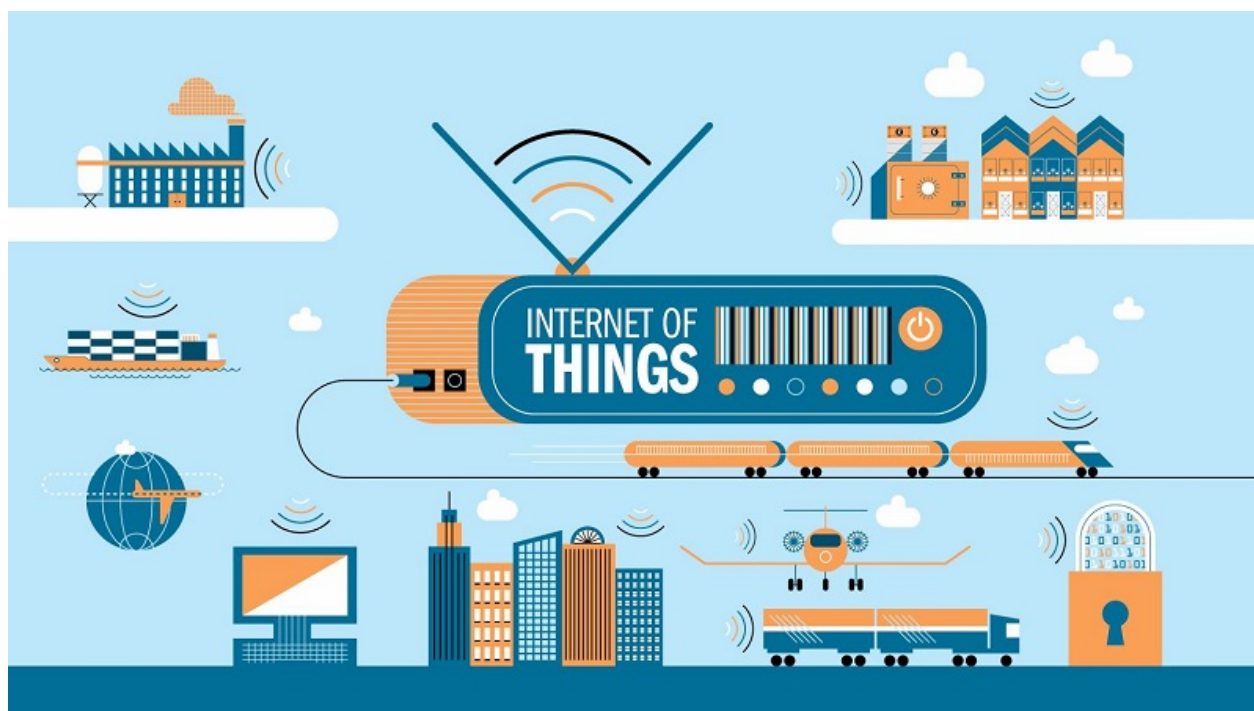
EVROPSKÁ UNIE
Evropský fond pro regionální rozvoj
OP Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost



SUSCHEM CZ

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

Stav k 10.2.2021
Lázně Bohdaneč



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 30. 6. 2022.

1	Souhrn.....	4
2	Vize a strategie výzkumu a inovací v chemickém průmyslu do roku 2030	6
2.1	Mega trendy budoucího vývoje.....	6
2.1.1	Evropský zelený úděl (EGD), nízko uhlíková ekonomika	8
2.1.2	Vodíkové strategie.....	9
2.1.3	Strategie pro udržitelnost v oblasti chemických látek „K životnímu prostředí bez toxických látek“	14
2.1.4	Inteligentní specializace	19
2.1.5	Cirkulární ekonomika.....	20
2.1.6	Průmysl 4.0.....	23
2.1.7	Hospodaření s vodou.....	27
2.2	Návrh vize českého chemického průmyslu	30
3	Strategie výzkumu a inovací.....	32
3.1	Přehled průmyslových potřeb a souvisejících výzev v oblasti výzkumu a inovací, které jdou nad rámec současného stavu techniky	32
3.2	Hlavní subdomény a související prioritní oblasti.....	34
3.2.1	Zpracování ropy, petrochemie	34
3.2.1.1	Reakce rafinérsko-petrochemického sektoru na potenciální nástup neuhlovodíkové mobility – trendy ve výrobě paliv	35
3.2.1.2	Reakce rafinérsko-petrochemického sektoru na potenciální nástup neuhlovodíkové mobility – nárůst petrochemických výrob	37
3.2.1.3	Význam zemního plynu pro rafinérsko-petrochemický komplex.....	38
3.2.1.4	Reakce rafinérsko-petrochemického sektoru na emisní problematiku – role vodíku	39
3.2.1.5	Reakce rafinérsko-petrochemického sektoru na nízkoemisní režim – omezování emisí oxidu uhličitého.....	40
3.2.1.6	Průnik cirkulární ekonomiky do rafinérsko-petrochemického komplexu ..	40
3.2.1.7	Další postup v produkci biopaliv – dopad na rafinérie	42
3.2.1.8	Transformace tuzemského petrochemického sektoru a organických syntéz – výzvy pro výzkum a vývoj	42
3.2.1.9	Zelený etylén.....	43
3.2.1.10	Zelený vodík v petrochemii	45
3.2.1.11	Petrochemie a oxid uhličitý	45
3.2.2	Pokročilé procesy a aparáty	46
3.2.2.1	Chemické procesy	46
3.2.2.2	Průmyslové biotechnologie.....	49
3.2.2.3	Nanotechnologie	53
3.2.3	Pokročilé materiály.....	55
3.2.4	Pokročilé katalyzátory	70
3.2.5	Hnojiva pro udržitelné zemědělství.....	73
3.3	Horizontální témata	77

4	Očekávané přínosy a rozsah zapojených zdrojů a schopnost využít další investice do výzkumu a inovace	79
5	Strategie meziodvětvové spolupráce	83
6	Seznam použitých zkratk.....	85
7	Příloha: Výsledky veřejné konzultace	86

1 Souhrn

Cestovní mapa vychází z identifikace potřeb k vytvoření udržitelného, inovativního a konkurenceschopného rozvoje a role českého chemického průmyslu v realizaci výzev jako jsou Evropský zelený úděl (dále EGD, oficiální název je „Zelená dohoda pro Evropu“), Národní výzkumná a inovační strategie pro inteligentní specializaci ČR 2021+ (dále NRIS3), Inovační strategií České republiky 2019–2030 schválenou vládou ČR v únoru 2019, Národní politika výzkumu, vývoje a inovací České republiky 2021+ (dále NP VaVaI 2021+).¹ Zahrnuje dlouhodobější vizionářské prvky, požadavky na výzkum nad rámec současného stavu techniky, bariéry žádoucího vývoje a cesty dalšího rozvoje mezioborové spolupráce.

NP VaVaI 2021+ je zastřešujícím strategickým dokumentem na národní úrovni pro oblast výzkumu, vývoje a inovací. Představuje strategický rámec pro rozvoj všech složek výzkumu, vývoje a inovací. Požadavky na chemický průmysl se stupňují s tím, jak se svět stává digitálním a usiluje o udržitelnost. Produkty se digitálně doplňují, lineární dodavatelské řetězce se stávají složitými ekonomickými sítěmi, recyklace materiálů a manipulace s molekulami nabývají na důležitosti. Odvětví vstupuje do nové fáze s Chemistry 4.0., která vyžaduje nejenom další rozvoj digitalizace, ale i nové obchodní modely.

Základním strategickým dokumentem EU pro nadcházející období je materiál publikovaný Evropskou komisí dne 11. 12. 2019 „EU GREEN DEAL“, zelená politika, či zelený úděl (EGD), který pokrývá skoro všechny oblasti lidské činnosti – energetiku, dopravu, průmysl (vč. chemického průmyslu), zemědělství a potravinářství a je ambiciózním projektem s očekávaným rozpočtem v řádu stovek miliard EUR. Měl by zásadně změnit politicko-spoločenské, environmentální i byznysové prostředí v EU. Očekávané dopady do ekonomiky členských států EU budou enormní. Týká se to také či především ČR, která vytváří 35 % svého HDP v průmyslu. Z EGD vychází Sdělení

Komise „Chemicals Strategy for Sustainability – Towards a Toxic-Free Environment“ z 14. 10. 2020. První draft Cestovní mapy modernizace a zavádění pokročilých technologií v chemickém průmyslu ČR (dále CM) - byl zpracován SUSCHEM CZ v rámci projektu CZ.01.1.02/0.0/0.0/17_105/0018878, „Technologická platforma pro trvale udržitelnou chemii IV“, v rámci OP PIK, program Spolupráce – Technologické platformy, podporovaného MPO ČR. Vychází z aktualizovaného SVA SUSCHEM CZ, poznatků z konference Strategie chemického průmyslu v ČR ve světle nové iniciativy EU Green Deal (Praha 9. 9. 2020), z připravované Hospodářské strategie a Národního plánu obnovy a z diskusí na Valné hromadě ČTP SUSCHEM (SUSCHEM CZ) dne 4. 12. 2019 v Bohdanči a na zasedání řídicího výboru dne 20. 2. 2020 k řešení projektu SusChem IV v Praze a telekonference dne 23. 4. 2020. Dále byla problematika přípravy CM projednána na řídicím výboru dne 5. 11. 2020 a na webináři „Chemicals Strategy for Sustainability“ dne 8. 12. 2020, dále na videokonferenci řídicího výboru 15. 12. 2020.

Ekonomický náraz po koronaviru urychlí mnohé jevy, které by nastaly i bez pandemie. Koronavirus slouží jako urychlovač jevů, které probíhají i bez něj. Je to bezesporu deglobalizace a s ní spjaté posílení strategického uvažování v ekonomických záležitostech, včetně tématu soběstačnosti, ale také rostoucí nespokojenost řady zemí s pozicí v mezinárodní dělbě práce. Tyto procesy nutně vyžadují silnější roli státu.

Zkušenosti z boje s pandemií ukazují na potřebu zvýšení soběstačnosti ČR nejenom v ochranných a desinfekčních prostředcích, ale také ve farmaceutických výrobcích, potravinách, agrochemikáliích a dalších chemických produktech.

I když pandemie v roce 2020 značně omezila počet různých odborných chemických konferencí, tak např. 72. sjezd chemiků ČR a SR v září 2020 dokumentoval velkou šíři řešených výzkumných

¹ NP VaVaI 2021+ byla schválena 20. července 2020 usnesením vlády č. 759. Víze Národní politiky 2021+ je ve shodě s Inovační strategií ČR do roku 2030

projektů poměrně členitou základnou VaV. Některé již reagují na aktuální výzvy a potřeby průmyslu související s EGD.

Současná CM představuje koordinovaný a integrovaný rámec od výzkumu po podnikání na základě postupného přístupu s krátkodobými, střednědobými a dlouhodobými cíli a přínosy. Umožňuje tedy strategický a časově ohraničený základ pro řízení a investice do konkrétních inovačních oblastí a identifikovaných nových technologických řešení, které mají prakticky přispět k dosažení udržitelnosti růstových cílů. Akcentuje potřebu zvýšit připravenost malých a středních podniků (dále MSP) na nástup pokročilých technologií, které obvykle vyžadují kombinaci různých kompetencí a inovativních řešení a které mohou přispět k rozvoji nových meziodvětvových hodnotových řetězců.

Chemický průmysl je bezesporu významným spotřebitelem energií, vody, neobnovitelných surovin, producentem odpadů a emisí, na druhé straně zásadně ovlivňuje efektivnost a konkurenceschopnost řady dalších odvětví zpracovatelského průmyslu, zdravotnictví a zemědělsko-potravinářského komplexu a výrazně může přispět ke splnění závazků ČR vyplývajících z dohod v rámci EU. Přitom se nejedná jen o vlastní chemický průmysl, ale především o vývoj nových výrobků a technologií pro řadu navazujících odvětví, na která se tato opatření EU vztahují.

S ohledem na nezastupitelnou roli a v řadě směrů na zcela nové úkoly chemického výzkumu, vývoje a rozvoje vlastního chemického průmyslu navrhujeme připravit v ČR program „Specializované výzkumné programy pro potřebu chemického průmyslu“.

CM SusChem CZ byla zpracována s akcentem na budoucí potřeby chemického průmyslu a navazujících odvětví. CM řeší vhodné náměty v řadě znalostních domén, jako jsou průmyslová chemie, pokročilé výrobní technologie, pokročilé materiály, nanotechnologie a průmyslové biotechnologie, které významně ovlivňují budoucí konkurenceschopnost a udržitelnost nejenom chemického průmyslu, ale především řadu dalších strategických odvětví. Strategie uvažuje s dalším rozšiřováním využití digitalizace a umělé inteligence. Představuje vhodné náměty pro společné projekty v rámci Evropského výzkumného prostoru, ale také například pro inovace a podnikatelské záměry v MSP. Výzvou pro chemický průmysl v ČR bude zajistit potřebné investice do jeho rozvoje tak, aby uspěl v globální konkurenci. Další výzvou je orientace směrem k EGD, k oběhovému hospodářství a vyššímu využití chemických látek v rámci recyklačních toků, v dopravě nebo jako součást energeticky úsporných budov. V tomto kontextu zaujímají specifické, interdisciplinární postavení obory chemie, chemické technologie a procesního inženýrství, neboť se uplatňují v mnoha oborech lidské činnosti zajišťujících každodenní potřeby, od biomedicíny až po distribuci energie. Musíme uvažovat s tím, že veškeré budoucí výrobky mohou počítat jen s důslednou recyklací a obnovitelnými uhlíkatými surovinovými zdroji.

Základním předpokladem budoucí udržitelnosti chemického průmyslu je postupná realizace strategie prostředí bez toxických látek, kde jsou chemikálie vyráběny a používány způsobem, který maximalizuje jejich přínos pro společnost, včetně dosažení zelené a digitální transformace a zabránění škodám na planetě a jsou vyráběny a používány bezpečné chemikálie. Chemické látky, které mají chronický účinek na lidské zdraví a životní prostředí, by měly být co nejvíce minimalizovány a nahrazeny a postupně vyřazeny, zejména ve spotřebitelských výrobcích.

Přechod na chemické látky, které jsou z hlediska designu bezpečné a udržitelné, je nejen společenskou naléhavostí, ale také velkou ekonomickou příležitostí a klíčovou složkou zotavení po krizi Covid-19. Vzhledem k trendům v globální chemické výrobě je to pro chemický průmysl ČR příležitost získat konkurenceschopnost dalším vývojem bezpečných a udržitelných chemikálií a přinést udržitelná řešení napříč odvětvími, zejména v oblasti stavebních materiálů, textilu, nízkouhlíkové mobility, baterií, obnovitelných zdrojů energie, zdravotnictví a zemědělské výroby.

Při ekologizaci výrobních procesů hrají důležitou roli také digitální technologie – například internet věcí, velká data, umělá inteligence, inteligentní senzory a robotika.

Vazba mezi výzkumem v chemii (a v příbuzných vědách) a inovacemi je zvláště silná v odvětví chemického průmyslu. Obecně jsou společnosti vyzývány, aby revidovaly své výzkumné a vývojové plány a rozšířily podnikové výzkumné programy na střední a dlouhodobé cíle. Veřejný sektor by měl poskytovat účinnou podporu soukromému sektoru a usnadňovat přístup k programům podpory, zvláště pro MSP. Duševní vlastnictví má strategickou důležitost pro chemický průmysl založený na vědě a high-tech. Vysoké náklady spojené s chemickým výzkumem a vývojem a uváděním nových výrobků na trh vyžadují vhodná a nákladově efektivní pravidla ochrany duševního vlastnictví.

Kromě role, kterou hrají technologie a pokročilé materiály, budou důležité inovace v obchodních modelech a rekvalifikaci pracovníků.

Předložený návrh CM obsahuje rozhodující modernizace a inovace nutné pro naplnění záměrů hlavních megatrendů, cíle (stručný soubor cílů, které, pokud budou dosaženy, povedou k požadovanému výsledku), milníky, mezery a překážky (ve znalostech, technologická omezení, tržní strukturální nebo jiné překážky bránící dosažení cílů a milníků). Součástí CM je i odhad rozsahu zapojených zdrojů a schopnost využít další investice do výzkumu a inovace.

Nejméně do roku 2027 nás čeká velmi náročné období spojené s obnovou hospodářství po současné ekonomické krizi, řešení dopadů velkého zadlužení řady států a postupné realizace potřebných inovací k naplňování cílů EGD.

Draft CM SusChem CZ byl v období leden-únor 2021 předložen veřejnému projednání, jehož výsledky jsou v příloze.

2 Vize a strategie výzkumu a inovací v chemickém průmyslu do roku 2030

2.1 Mega trendy budoucího vývoje

V současné době existuje řada významných aspektů výrazně ovlivňujících život na Zemi:

- Osídlení a urbanizace
- Klimatické změny
- Rostoucí nároky na zdroje vody, energií, potravin a surovin

Tyto aspekty jsou vzájemně propojeny. Rychle rostoucí počet obyvatel na Zemi, jejich postupná koncentrace ve městech (do roku 2050 se předpokládá, že ve městech bude žít více než 70 % světové populace), rostoucí nároky na zdroje. To má významné důsledky nejen pro životní úroveň a kvalitu života ve městech, rychlá urbanizace klade zvýšené nároky na adaptabilitu a flexibilitu městských systémů, služby, vytváření pracovních míst, ale především významně ovlivňuje klima a životní prostředí. Zatímco města zaujímají pouze 0,5 % světové půdy, spotřebují 75 % přírodních zdrojů a vytvoří 80 % celosvětových emisí skleníkových plynů.

Současné charakteristiky výrobního a spotřebního chování rovněž výrazně zvyšují tlak na zdroje. Očekává se, že rostoucí globální populace bude do roku 2030 požadovat o 35 % více potravin. S růstem populace a ekonomické úrovně se do roku 2030 očekává zvýšení celosvětové poptávky po vodě o 40 % a energii o 50 %.

Zefektivnění nakládání s přírodními zdroji a optimalizace energetické spotřeby ve městech je proto klíčovým předpokladem pro dosažení globálních cílů v oblasti udržitelnosti a změny klimatu. Změny klimatu nejsou samozřejmě fenoménem posledních let, nýbrž velmi dlouhodobým trendem. Klima na Zemi se vždy měnilo a neustále se mění. Největší změnou v této oblasti v posledních několika letech však byla zvýšená snaha směřovat vědecké předpovědi o rychlosti a dopadu vlivu člověka právě na klima. Závěrem toho je skutečnost, že planeta není schopna dlouhodobě unést současné modely výroby a spotřeby.

Současným trendem je neustále se zvyšující dynamika technologické změny, kdy se výrazně zkracuje doba od vývoje nových technologií k jejich uplatnění a obecnému rozšíření ve společnosti. Technologická změna má proto na rozvoj společnosti mnohem rychlejší dopad, než tomu bylo v minulosti. Mezi klíčové faktory současné dynamiky technologické změny patří levnější přístup k technologiím, globalizace technologie, zvýšený komfort života s technologiemi, konkurenční výhoda technologie, multiplikační efekt technologie.

Mezi rozhodující technologický trend, který bude zásadním způsobem ovlivňovat změny současných obchodních modelů i vzorců spotřebitelského chování patří digitalizace a automatizace spojené s uplatněním následujících klíčových technologií: umělá inteligence, rozšířená realita, virtuální realita, internet věcí, robotika, aditivní výroba, blockchain.

V nadcházejících desetiletích bude život v Evropě, a tedy i ČR, ovlivněn souborem globálních megatrendů², definovaných jako „zásadní posun v environmentálních, sociálních nebo ekonomických podmínkách, které se odehrají v příštích desetiletích“. Základním předpokladem udržitelného rozvoje je maximalizace efektivity využívání zdrojů surovin, energií, vody a ochrana životního prostředí.

Mega trendy budoucího vývoje, relevantní pro chemický průmysl:

- Zelená dohoda pro Evropu - Nízko uhlíková ekonomika
- Vodíková strategie
- Strategie pro udržitelnost v oblasti chemických látek
- Inteligentní specializace ČR
- Cirkulární ekonomika
- Průmysl 4.0
- Hospodaření s vodou

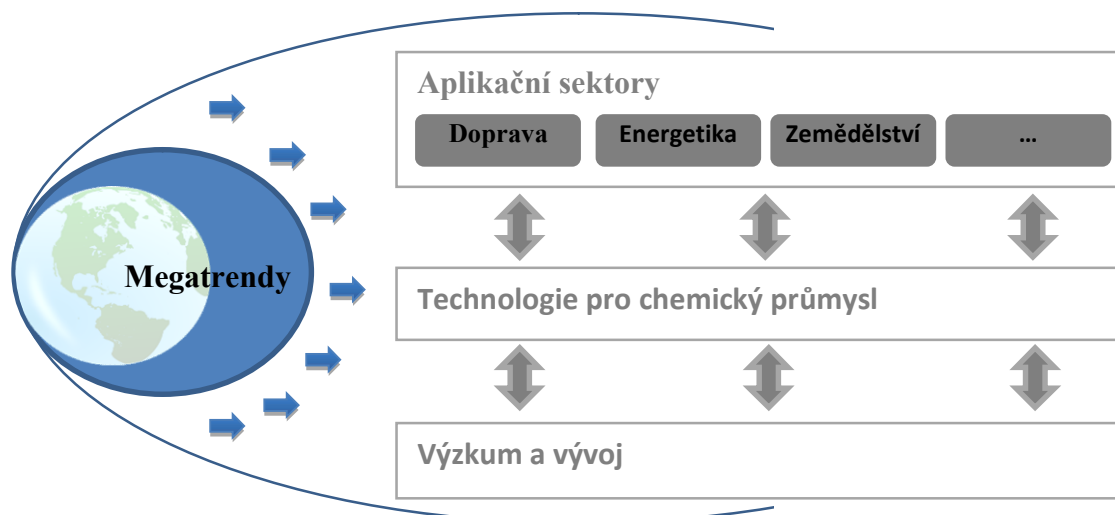
Tyto trendy významně ovlivní budoucí vývoj českého chemického průmyslu, a to i v negativním směru. Potřebné modernizace výrobní základny chemického průmyslu a zavádění pokročilých technologií a inovací budou vyžadovat značné finanční a lidské zdroje. Nelze vyloučit zastavení některých výrob, snížení zaměstnanosti, na druhé straně je to šance pro četné inovativní MSP.

Globální megatrendy představují transformační procesy, které v dlouhodobém časovém horizontu ovlivňují organizaci společnosti a formují novou budoucí realitu na globální úrovni. Představují významný faktor pro strategické rozhodování a mohou být zásadním podnětem k přehodnocení současných forem řízení veřejné politiky, podnikatelských procesů i sociálních systémů. Poznání jejich zákonitostí a schopnost vyhodnotit jejich dopady jsou proto klíčové pro formulaci efektivních politik a dalších strategických dokumentů. **Schopnost ČR ovlivnit vývoj globálních megatrendů je omezená, dopad globálních megatrendů na budoucí vývoj ČR je však významný. ČR patří mezi nejprůmyslovější země světa – 35 % jejího HDP je vytvářeno průmyslem.**

Dalším naprosto zásadním zásahem do ovlivňování a směřování chemického průmyslu v Evropě a ČR obzvláště je aktuální **pandemie „Covid- 19“**, která vynuceně zasáhla všechny oblasti lidské činnosti s tím, že některé skoro likvidačně, jiné méně, ale v souhrnu opravdu všechny. Myslíme, že její dopady nejsou konečné a budoucnost teprve prokáže, kdo bude mít schopnost přežít.

Na tyto megatrendy reagují jak NP VaVaI 2021+, tak NRIS3 a jsou předmětem návrhů modernizací inovací a výzkumu v rámci této Cestovní mapy. Vycházíme přitom z kapacit vybudované základny VaV a absorpčního potenciálu českého chemického průmyslu.

Práce na CM budou pokračovat v další fázi řešení projektu „Technologická platforma pro trvale udržitelnou chemii IV“ s cílem definitivní verzi předložit do 30. 6. 2022.



² Megatrend lze chápat jako dlouhodobou tendenci ovlivňující v delším časovém období naše myšlení, aktivity, organizaci společnosti a budoucí realitu světa

Obrázek. 1. Schéma vazeb mezi megatrendy, aplikačními sektory a technologickým vývojem

2.1.1 Evropský zelený úděl (EGD), nízko uhlíková ekonomika

Tato iniciativa stanovuje již pro relativně brzy přicházející dobu (2030 až 2050) velmi ambiciózní cíle v oblasti energetiky (např. snížení emisí o 55 %), recyklačních cílů, cílů v oblasti používání chemických látek vzbuzujících obavy či v oblasti zemědělství a potravinářství (radikální snížení použití látek na ochranu rostlin, či snížení použití strojených hnojiv). Celkem 52 agend průřezově zasahuje téměř do všech aktivit a činností – od energetiky, přes cirkulární ekonomiku, mobilitu, urbanizaci, postavení průmyslů a jejich dalšího směřování, služby, zemědělství a výrobu potravin. EGD byl publikován na konci roku 2019. Představuje nejvýznamnější zásah do života všech obyvatel EU od doby jejího vzniku. S ohledem na dosud nepopsané, ale očekávané dopady se EGD bude platforma SusChem CZ intenzivně věnovat.

Rozhodující bude promítnutí této iniciativy do legislativních opatření, což si vyžádá i zpracování dosud chybějících dopadových studií. Bude potřeba přijmout i opatření pro ochranu evropského chemického průmyslu před dovozy chemikálií ze zemí, kde nebudou uplatňována tato přísná kritéria (např. zavedení tzv. uhlíkové daně).

EGD zahrnuje 7 oblastí:

- Biodiverzita
- Udržitelný potravinový řetězec: Od zemědělce ke spotřebiteli (Farm to Fork)
- Čistá energie
- Udržitelný průmysl a jeho dekarbonizace
- Výstavba a renovace
- Udržitelná mobilita
- Odstranění znečištění, kde zásadní roli pro chemický průmysl sehraje Strategie pro udržitelnost v oblasti chemických látek

Každá z těchto oblastí obsahuje hned několik ambiciózních cílů, které mají být v jednotlivých členských státech EU dosaženy do roku 2030 popř. do roku 2050.

Jeden z hlavních cílů EGD je snížení emisí CO₂ oproti roku 1990 o 55 % do roku 2030 a dosažení uhlíkové neutrality do roku 2050.

Farm to Fork předpokládá do roku 2030 snížení spotřeby pesticidů až o 50 % a hnojiv o 20 % bez ohledu na specifika jednotlivých zemí.

Splnění těchto cílů bude pro ČR znamenat nutnost hluboké transformace ekonomiky, a především pak průmyslu a odvětví energetiky. Lze předpokládat, že vedle slíbených pozitiv přinese EGD a její implementace řadu negativ a hrozeb. Významně budou dotčena energeticky náročná odvětví, mezi která patří i chemický průmysl, a země a s vysokým podílem průmyslu na HDP, tj. závislé na automobilovém průmyslu, těžbě a na dalších energeticky náročných odvětvích.

Hrozby implementace EGD pro ČR ³

- Významný negativní dopad na HDP
- Významný negativní dopad na zaměstnanost
- Ztráta konkurenceschopnosti českého průmyslu
- Vysídlení části výrobních kapacit průmyslu za hranice EU
- Významný negativní dopad na výrobní kapacity klíčových výrobků (hnojiva, látky na ochranu zemědělských plodin, farmaceutické výrobky apod.)
- Růst cen průmyslových výrobků a na nich navázaných služeb
- Pokles výkonnosti tuzemského zemědělství vlivem omezení využívání hnojiv, pesticidů apod.
- Významné zvýšení cen energií.

³ Ing. Ladislav Novák, Ph.D.: EU GREEN DEAL Evropský nový zelený 72. sjezd chemiků, Praha 6.- 9. 9. 2020

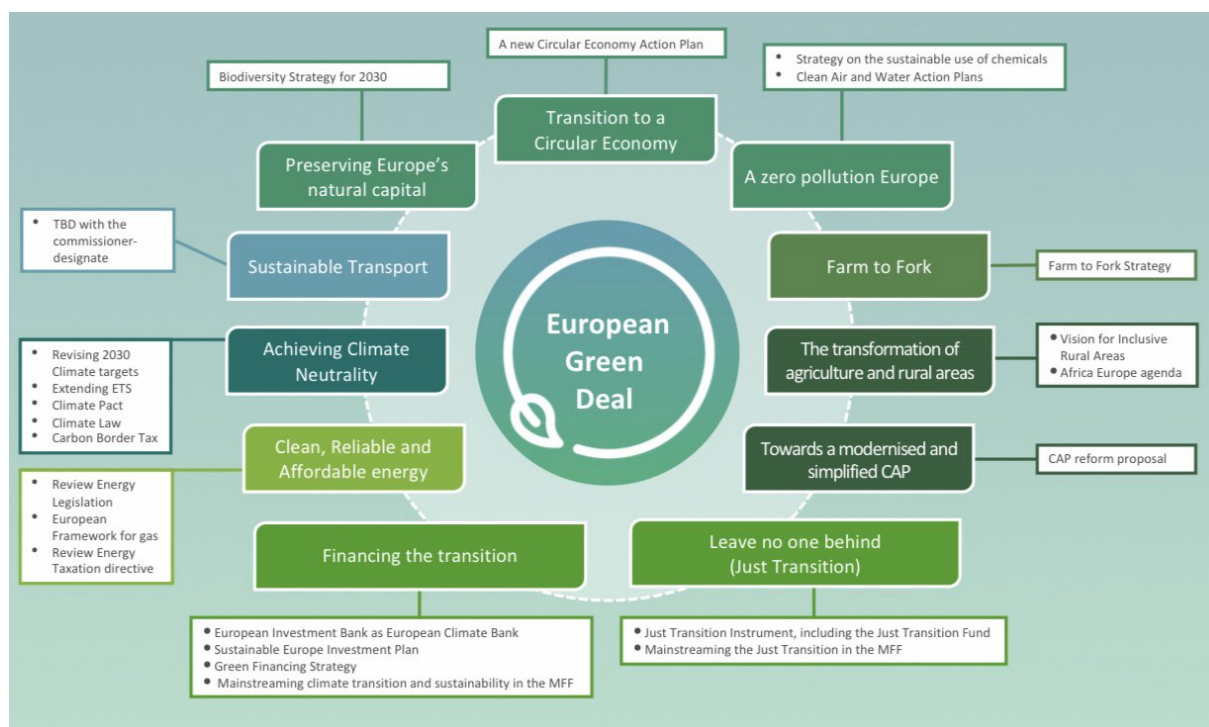
- Pokles daňových výnosů z pohonných hmot.

Evropská unie si je možných negativních důsledků na trhu práce vědoma a připravuje proto významnou mobilizaci investic a dalších zdrojů, které povedou ke vzniku nových pracovních míst.

V nedávné minulosti došlo k výraznému zvýšení energetické účinnosti našich chemických provozů. Naprostá většina v současné době používaných technologií v chemii se nachází na úrovni BAT (Nejlepší dostupní technologie) a nejsou známy alternativní technologie výroby, ani úsporná opatření s dosažením úspor na energiích v řádu desítek procent.

Celkový ekvivalent emisí CO₂ v chem. průmyslu ČR činil v roce 1990 zhruba 197 202 kt.

V roce 2018 činil tento ekvivalent už jen 127 449 kt, což je o 35,37 % méně. Snížení emisí bylo dosaženo jednak částečným odstavením neefektivních technologií bez náhrady nebo náhradou vyspělejšími technologiemi. Významným aspektem ke snížení emisí skleníkových plynů přispívá i postupný odklon od spalování uhlí. Potenciál k dalšímu snižování emisí skleníkových plynů je přechod na využívání OZE pro výrobu elektrické energie. Nelze však opomenout skutečnost, že kogenerace elektrické energie společně s výrobou tepla v chemických výrobních závodech sehrává významný synergický efekt (s ohledem na významnou potřebu tepla pro chemické technologie). Prostor pro snížení emisí CO₂ ekv., který existoval v 90. letech, byl z významné části do roku 2020 využit. Další snižování emisí, byť jen o procentní body, bude spojeno s vysokými náklady, či dalším přesunem tohoto odvětví do zahraničí.



Obrázek č. 2 popisuje velikost a komplexnost EGD⁴

Řada dosud nezodpovězených otázek jako např. kolik to bude všechno stát (chybí dopadové studie), vývoj ceny zelené elektrické energie a její dostupnost, vývoj ceny a dostupnost biomasy, vývoj ceny a dostupnost zeleného vodíku, vývoj ceny emisních povolenek a další.

2.1.2 Vodíkové strategie

⁴ Ing. Pavlína Kulhánková: Zelená dohoda pro Evropu, 72. sjezd chemiků Praha 2.-9. 2020

Za vodíkové technologie jsou v tomto materiálu považovány:

- Elektrolyza – princip je průchod stejnosměrného proudu tekutinou, spojený s chemickými změnami na elektrodách. Hlavní technologie jsou nízkoteplotní (alkalická a s polymerní membránou (PEM) a vysokoteplotní elektrolyza. Typicky je vyráběn vodík a kyslík rozkladem vody s upraveným pH. Z produktů je využíván obvykle vodík, v některých případech je využit i kyslík.
- Palivové články – princip je elektrochemická přeměna chemické energie paliva a okysličovadla na energii elektrickou. Palivové články se dělí na nízkoteplotní (s alkalickým elektrolytem, s polymerní membránou) a vysokoteplotní (s kyselinou fosforečnou, s tavenými uhličitany, s pevnými oxidy).
- Čištění vodíku (typicky na kvalitu, využitelnou v EM palivových článcích)
- Pomocné procesy: komprese, skladování, transport a popřípadě zkapalňování a zplyňování vodíku.
- Další metody výroby vodíku, jako například parní reforming zemního plynu (s typicky vysokou měrnou produkcí oxidu uhličitého).

Základní bilance vodíku v ČR⁵

V ČR je dlouhodobě široce rozvinutý chemický průmysl, který je prakticky jediným producentem a zároveň i spotřebitelem vodíku. Vodík však v chemickém průmyslu představuje především vstupní chemickou surovinu pro výrobu požadovaných chemických látek, a nikoliv palivo pro následné energetické využití. To je do značné míry dáno absencí možností jiného využití vodíku z důvodu chybějící infrastruktury i legislativních omezení. Hlavním parametrem současných výrob je tak cena vyrobeného vodíku, případně požadavky na jeho kvalitu. Z uvedeného důvodu je dnes hlavní produkční technologií pro výrobu vodíku v ČR zpracování těžkých ropných frakcí metodou parciální oxidace (POX) a parní reforming zemního plynu (SMR). Elektrolyzou produkovaný vodík v ČR lze považovat za vedlejší produkt výroby chloru a jeho emisní stopa je odvozena od energetického mixu elektrické energie v ČR. Současná produkce vodíku v ČR je cca 126 kt/rok, kdy se však jedná výlučně o emisně zatížený vodík s průměrnou hodnotou 116 g CO_{2eq}/MJ H₂.

Kapacita	emise CO ₂	emise CO ₂ (120MJ/kg H ₂)	Firma/ lokalita
t/rok	kgCO ₂ /kg H ₂	gCO ₂ /MJ H ₂	
98000	15	125	Unipetrol Litvínov
7000	13,15	110	Unipetrol Kralupy
2500	1,8	15	Synthos Kralupy
13650	9	75	BC-MCHZ Ostrava
1400	12	100	DEZA Valašské Meziříčí
3000	14,8	123	Spolchemie Ústí n. Labem
Σ 125550		Ø 116,2	

Tabulka č.2 Přehled hlavních výroben vodíku

V současné době je vodík nejčastěji používán jako surovina při chemické výrobě čpavku a v rafineriích ropy. Přibližně 99 % vodíku se vyrábí z fosilních paliv, především zemního plynu. Celosvětová roční produkce vodíku je více jako 50 milionů tun, což představuje 2% spotřeby energie ve světě. Současná cena vodíku je stále vysoká, přičemž z fosilních paliv je výrazně nižší. Asi 50%

⁵ Technologický foresight a implementační akční plán využití vodíkových technologií v energetice a průmyslu ČR“, zveřejněný na www.hytep.cz.

celosvětové poptávky po vodíku je v současné době uspokojováno parním reformingem, téměř 30 % reformováním rafinérských nebo průmyslových odpadních plynů, zhruba 17 % se získává zplyňováním uhlí, zabývající část elektrolyzou vody a z dalších zdrojů.

Tabulka č. 3 Vodíková strategie ve vybraných odvětvích

odvětví	budoucí poptávka po vodíku	potenciální omezení rozvoje
rafinérie	Protože spektrum produktů vyráběných v rafineriích směřuje stále více k produktům s nižším obsahem síry, aromatů a rovněž lehkým produktům, bude spotřeba vodíku v rafineriích v krátkém horizontu stoupat.	Výroba vodíku je důkladně provázána s celým provozem rafinerie, což komplikuje nahrazení současných výrobních kapacit. Účinnost získávání vodíku z vlastní produkce bude stoupat, zatímco poptávka po motorových palivech spíše klesat. Zvýšení nákladů na výrobu vodíku má z ekonomického hlediska velký dopad na ekonomiku výroby rafinérských produktů.
Chemický průmysl	Využití obou surovin v průmyslových procesech by mělo kontinuálně růst, v případě hlavního využití amoniaku při výrobě hnojiv se čeká stagnace po roce 2030.	Propojení výroby amoniaku a močoviny v jedné průmyslové lokalitě umožňuje efektivně využít až 70 % emisí CO ₂ z výroby vodíku parní reformací zemního plynu.
Výroba železa a oceli	Výroba oceli by měla celosvětově narůstat, podobně i využití vodíku při výrobě. Vodík z OZE může ve větší míře nahradit vodík vyráběný metodou parní reformace zemního plynu.	Potřeba vysoce nákladného posílení infrastruktury pro výrobu a distribuci elektřiny a vodíku z OZE.
Vysokoteplotní procesy	poptávka omezena na lokální projekty	ekonomicky i energeticky velmi neefektivní

Vodík jako nosič bezemisní energie

Společným cílem vodíkových strategií je využít vodík ve spojení s nízkoemisními zdroji energie (obnovitelné zdroje energie, jádro) a tak využít vodík k bezemisní výrobě energií a pro chemický a hutní průmysl. Pro dosažení uvedeného spojení jsou podporována spojení vodíkových technologií i s jinými zdroji energie. Lze očekávat, že po přechodnou dobu bude výhodné vodík vyrábět (nebo separovat) z chemických meziproductů, pocházejících z fosilních surovin, později bude výhodnější vyrábět vodík elektrolyzou vody.

Obnovitelné zdroje energie (OZE) mohou pomoci získávat elektřinu bez emisí skleníkových plynů. Jejich využití je však spojeno s řadou praktických problémů. Mezi tyto problémy patří především intermitentní produkce elektřiny, která v případě absence akumulace energie vede přetěžování distribuční soustavy a obtížnému začleňování této produkce do energetického mixu. Kromě samotného nárůstu počtu OZE jako zdrojů elektrické energie souvisí s použitím akumulačních prvků ve vybraných bodech distribuční soustavy také nabíjení elektromobilů. Je tedy zjevná potřeba najít způsob akumulace velkých množství elektrické energie po delší dobu. Vodík se ukázal být univerzální molekulou, která může sloužit jako vektor energie a přímo i nepřímo dopomoci dekarbonizaci mnoha průmyslových a energetických procesů a dopravy. Výhodou akumulace ve vodíku je snadná replikovatelnost do větších měřítek při lineárním (nebo mírně degresivním) růstu měrných investičních nákladů.

Z důvodů předestřených výše je proto věnována zvýšená pozornost propojení elektrolyzy vody a OZE. V mnoha textech o hybridních vodíkových systémech je však zmiňován nedostatek jednotné legislativy týkající se výroby, skladování a transportu vodíku a standardizace jednotlivých součástí (obzvláště týkající se propojení jednotlivých modulů v hybridních systémech). Tento nedostatek bude nutné co nejdříve napravit, pokud má dojít k rychlému rozvoji vodíkové infrastruktury.

Velkými překážkami k dalšímu rozšíření elektrolýzy jsou vysoké provozní (z velké části tvořeny cenou spotřebované elektrické energie) i pořizovací náklady. U OZE neočekáváme výrazné snížení nákladů na produkci elektrické energie, velkou neznámou je také budoucí cena elektrické energie z jaderných reaktorů, ať již konvenčních, nebo inovativních.

- U PEM elektrolýzérů očekáváme v blízké budoucnosti výrazné snížení ceny elektrolýzérů v důsledku výstavby velkokapacitních výroben
- U vysokoteplotní elektrolýzy očekáváme snížení ceny zařízení (elektrolýzér i palivový článek v jednom zařízení) v období do cca 10 let, současně očekáváme zvýšení životnosti a zlepšení dynamických vlastností.
- Alkalická elektrolýza je komerčně zralá technologie, u které významné snížení ceny neočekáváme.

Alkalická elektrolýza se vyznačuje horším dynamickým chováním a kvalitou vyrobeného vodíku než PEM elektrolýza (vodík, vyrobený PEM elektrolýzou, je obvykle vysoce čistý a po vysušení využitelný i v palivových článcích). Tyto důvody, spolu s nutností využití velkého množství agresivního kapalného elektrolytu (obvykle roztok hydroxidu draselného), který vyžaduje samostatný systém cirkulace, chlazení a dalších zařízení, jsou důvodem nižší vhodnosti propojení alkalické elektrolýzy s OZE. Předpokládáme proto, že v oblasti alkalické elektrolýzy k výrazným pokrokům nedojde.

Nejvýraznější rozvoj předpokládáme v oblasti **PEM elektrolýzy**, která je díky svému dynamickému chování, absenci kapalného elektrolytu a produkci vodíku o vyšší čistotě vhodnější k propojení s OZE. Očekáváme také rozvoj technologie **vysokoteplotní elektrolýzy**, díky možnosti dodání části vstupní energie ve formě tepla (snížení měrné spotřeby elektrické energie) lze technologii spojit s vysoko potenciálovým zdrojem tepla, např. z průmyslových procesů nebo jaderných elektráren. Významnou nevýhodou vysokoteplotních elektrolýzérů je dlouhá doba studeného startu, např. 13 hodin (oproti rychlému horkému startu) při gradientu 1 K/minuta – pro získání dobrých dynamických vlastností je nutné udržovat zařízení na provozní teplotě.

Obdobné trendy očekáváme v oblasti palivových článků. Nejvýraznější vývoj předpokládáme v oblasti **PEM palivových článků**, díky jejich dobrému dynamickému chování a kompaktnosti a lépe dosažitelným provozním teplotám a podmínkám, obzvláště v porovnání s provozními teplotami vysokoteplotních palivových článků. Ve střednědobém výhledu očekáváme sestrojení PEM i alkalického reverzibilního palivového článku a elektrolýzérů v jednom zařízení. Vysokoteplotní elektrolýzéry již dnes fungují reverzibilně, tj. jedno zařízení lze využít jako elektrolýzér i palivový článek.

Přeprava vodíku

Jedním z důkazů, že se k vodíkovým technologiím obrací i větší politické struktury, je například publikování dokumentu European Hydrogen Backbone v červenci roku 2020. V tomto dokumentu skupina jedenácti evropských provozovatelů plynárenské infrastruktury z devíti členských států EU, včetně ČR, představuje plán na vytvoření infrastruktury určené pro přepravu vodíku. Tato studie ukazuje, že stávající plynárenskou infrastrukturu lze upravit tak, aby přepravovala vodík za přijatelných nákladů.

- Z tohoto důvodu se domníváme, že ve střednědobém horizontu bude síť vodíkových plynovodů představovat dominantní systém transportu vodíku po pevnině.
- Mezistupněm pro potrubní přepravu čistého vodíku je přimíchávání vodíku do zemního plynu v přenosové, nebo distribuční síti zemního plynu, které má řadu potenciálních problémů: vodíková koroze (u kovových potrubí, typicky v přenosové soustavě, lze eliminovat vhodným výběrem materiálů potrubí a eliminací změn tlaku plynu, především pomocí zásobníků), změna Wobbeho čísla směsi plynů, nebo nevhodnost směsi plynů pro některé chemické výroby.
- Další způsoby přepravy, jejichž rozvoj lze očekávat v případě vzniku vodíkového hospodářství, je transport vodíku v kapalném skupenství po moři. Výhodou transportu kapalného vodíku je jeho vysoká energetická hustota, nevýhodou jsou velké energetické ztráty při zkapalnění. O tento způsob přípravy se zajímá například Austrálie, která má velký

potenciál pro produkci vodíku z OZE. Z geografického hlediska však pro ně využití plynovodů není praktické.

- Pro vnitrozemskou dopravu mimo lokality napojené na potrubí bude výrazná přeprava vodíku v plynném nebo kapalném skupenství. Kapalným vodíkem má význam při transportu na větší vzdálenosti z důvodu nákladů na zkapalnění a zplynění, kdežto pro lokální distribuci bude typicky využívána doprava stlačeného plynného vodíku tzv. virtuální plynovody.
- Další formou transportu vodíku v kapalném skupenství je převod vodíku na organickou molekulu (např. vrátná hydrogenace toluenu na metylcyklohexan nebo naftalenu na hexalín, převod vodíku na amoniak apod). Tento způsob transportu však komplikuje nutnost transformace vodíku na jinou látku a zpět, která je spojena se ztrátami účinnosti. Proto se domníváme, že transport kapalného vodíku v tankerech bude v námořní dopravě dominantní.

Pokud má být vodík využit k velkokapacitnímu skladování energie, bude potřeba způsob skladování velkých množství vodíku. V současnosti jsou nejvíce diskutovány dvě možnosti skladování velkých množství vodíku: uložení do podzemních jeskyní a skladování v potrubních systémech.

- Podzemní skladování je limitováno dostupností těchto systémů (ne všechny země mají na svém území vhodné geologické formace) a tím, že je vhodné pouze pro skladování do tlaku 200 bar. Přímou konkurencí pro využití těchto formací je skladování zemního plynu, které může být strategicky významné, skladování stlačeného vzduchu, v určitých případech také skladování zachyceného oxidu uhličitého.
- Z těchto důvodů se zdá skladování v potrubních systémech vhodnější, ať už z důvodu existující plynárenské infrastruktury nebo možnosti skladování vodíku za vyšších tlaků (tím je dosaženo vyšší hustoty skladování – poměr množství vodíku vůči jeho objemu).

U zdrojů OZE, které nebudou napojeny na potrubní systém, budou vznikat zásobníky vodíku pro akumulaci elektrické energie. Ty budou schopny řešit lokální vyrovnávání přebytků elektrické energie ve spojitosti s reverzibilními elektrolyzéry.

Možnosti rozvoje vodíkových technologií v České republice

Aplikovanému výzkumu a demonstračním aktivitám vodíkových technologií se v ČR věnuje především společnost ÚJV Řež, a. s. Střednědobou ambicí ÚJV Řež, a. s. je vyvinout vlastní alkalický elektrolyzér a palivový článek, fungující v jednom zařízení. Další významnou ambicí je sestavení vlastního PEM palivového článku a realizovat jeho výrobu pomocí tuzemských dodavatelů. V oblasti skladování a transportu vodíku se již dnes na úrovni Evropy významně věnuje skupina Cylinders Holding, která se řadí k lídrům dané problematiky. V rámci aplikovaného vývoje a výzkumu aktivně řeší specifické materiálové požadavky ocelí při vysokých tlacích vodíku (až 1100 bar) a zabývá se rozvojem zkušebních metod potřebných k zajištění bezpečného a ekonomicky výhodného skladování a transportu vodíku.

Technologie, jejichž realizaci očekáváme do roku 2030

- propojení OZE s vysokoteplotní elektrolyzou/palivovým článkem
- komerčně konkurenceschopná ko-elektrolýza oxidu uhličitého a vody, získávání syntézního plynu a jeho následné zpracování na hodnotné chemické látky
- snížení nákladů pro metanizační jednotky a jejich instalace ve středně velkých podnicích, distribuovaná výroba biometanu
- zlepšené vlastnosti reformérů pro využití zemního plynu pro PEM palivové články

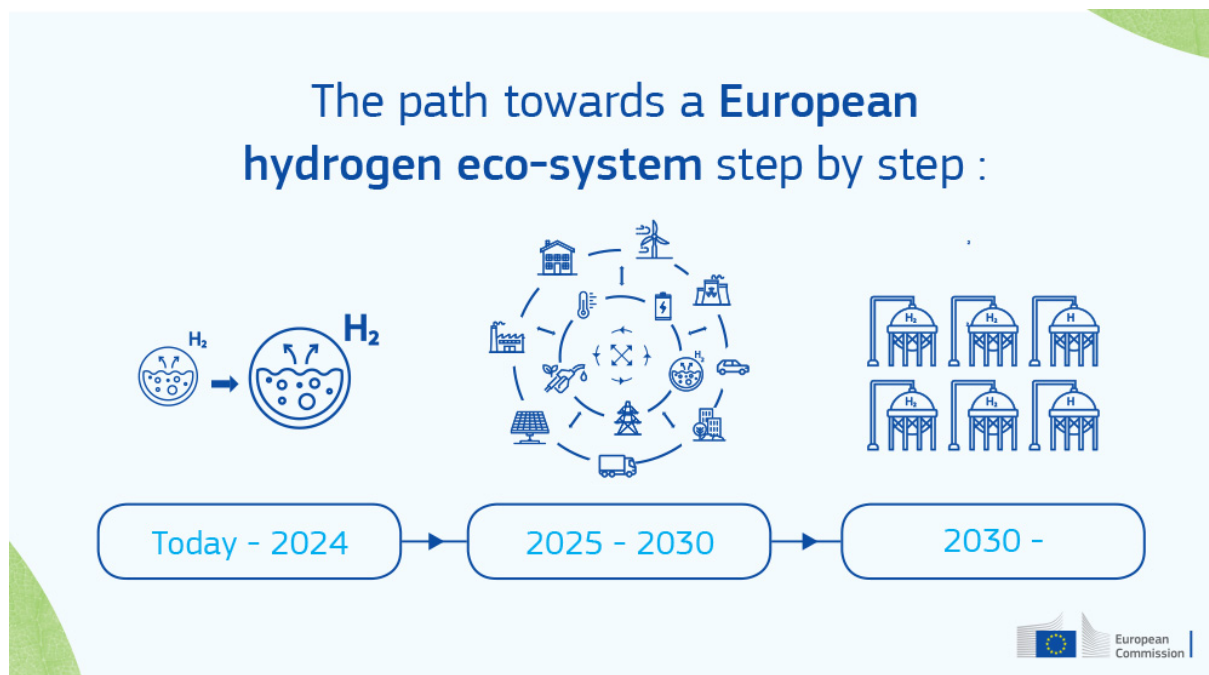
Technologie, jejichž realizaci očekáváme do roku 2050

- Výroba nízkoemisního vodíku z OZE, využití technologií reverzibilní alkalické elektrolyzy / palivového článku, využití reverzibilní PEM elektrolyzy / palivového článku.
- komerčně konkurenceschopná ko-elektrolýza dusíku a vody za vzniku amoniaku a jeho následné zpracování na hodnotné agrochemické látky
- Využití inovativních konceptů jaderných reaktorů (např. Generace IV) a jejich spojení s vodíkovými technologiemi

Výzkumné úkoly, které je vhodné podpořit

- Vybudování pracoviště pro dlouhodobý vývoj a prototypovou výrobu palivových článků s maximální mírou zapojení tuzemských dodavatelů
- Vybudování pracoviště pro výzkum metanizačních technologií

Obrázek č. 3 schématické znázornění předpokládaného vývoje realizace vodíkové strategie do roku 2050.



2.1.3 Strategie pro udržitelnost v oblasti chemických látek „K životnímu prostředí bez toxických látek“

Úvod

Sdělení Komise „Strategie pro udržitelnost v oblasti chemických látek K životnímu prostředí bez toxických látek“ (dále jen „Strategie“) zveřejnila Komise spolu s přílohou – Akčním plánem ze dne 14. října 2020.⁶

Strategie je jedním z klíčových opatření Zelené dohody pro Evropu a obsahuje vizi a přehled legislativních i nelegislativních opatření, které Komise navrhuje k dosažení udržitelného klimaticky neutrálního a oběhového hospodářství EU do roku 2050 a lepší ochrany lidského zdraví a životního prostředí k přechodu k životnímu prostředí bez toxických látek jako dlouhodobé vizi politiky EU v oblasti chemických látek.

Strategie navrhuje mnoho opatření a časový harmonogram transformace průmyslu s cílem přilákat investice do bezpečných a udržitelných výrobků a výrobních metod. Ve Strategii jsou uvedeny požadavky na nové nízkouhlíkové výrobní postupy a technologie v chemickém průmyslu s malým dopadem na životní prostředí, které umožní jeho přechod k neutralitě z hlediska klimatu a plnění cíle nulového znečištění. Rovněž jsou nutné inovativní technologie k řešení starých látek v odpadových tocích. Musí být upřednostněna energetická účinnost a rozhodující úlohu z hlediska udržitelnosti zdrojů by mohla hrát paliva, jako obnovitelný vodík a udržitelně vyráběný biometan. Digitální technologie mohou rovněž hrát významnou úlohu v procesech ekologizace výroby.

⁶ Sdělení Komise Evropskému parlamentu, Radě, Evropskému hospodářskému a sociálnímu výboru a Výboru regionů Strategie pro udržitelnost v oblasti chemických látek K životnímu prostředí bez toxických látek COM (2020) 667 final
Příloha Sdělení Komise Evropskému parlamentu, Radě, Evropskému hospodářskému a sociálnímu výboru a Výboru regionů Strategie pro udržitelnost v oblasti chemických látek K životnímu prostředí bez toxických látek COM (2020) 667 final

Strategie uvádí taky požadavky na nové chemické látky a materiály, které musí být ze své podstaty bezpečné a udržitelné, po celou dobu svého životního cyklu. Tyto látky a materiály budou využity např. v energetice, stavebnictví, mobilitě, zdravotnictví, zemědělství a elektronice.

Klade se důraz na vyšší investice a zvýšení kapacity výzkumu, vývoje a inovací, které zajistí nové výrobní postupy, technologie, materiály a látky s požadovanými vlastnostmi. Komise pomocí svých finančních nástrojů a výzkumných a inovačních programů podpoří tento výzkum, vývoj a inovace. Komise zřídí a zaktualizuje program výzkumu a inovací v oblasti chemických látek a podpoří kapacity v oblasti biologického monitoringu lidí a životního prostředí.

EU musí posílit svou autonomii u látek, které mají zásadní využití např. při výrobě léků a materiálů pro dosažení klimaticky neutrálního oběhového hospodářství. Strategie obsahuje návrhy na další regulaci chemických látek s cílem zvýšit ochranu lidského zdraví a životního prostředí k dosažení životního prostředí bez toxických látek. Další návrhy se týkají zjednodušení a konsolidace právního rámce a rozšíření znalostní základny k chemickým látkám.

EU chce být celosvětově v čele řádného nakládání s chemickými látkami a chce motivovat ostatní ke stejným krokům v oblasti ochrany životního prostředí a dosažení klimatických cílů. Akční plán obsahuje 56 opatření, která mají být zavedena v letech 2021-2024. Většinou se jedná o legislativní opatření a týkají se např. změn nařízení REACH, CLP, nařízení o materiálech určených pro styk s potravinami, nařízení o biocidech, nařízení o přípravcích na ochranu rostlin, směrnice o průmyslových emisích, směrnice o obecné bezpečnosti výrobků a dalších. Nelegislativní opatření jsou např. finanční podpora vývoje, uvádění na trh, zavádění a využívání látek, materiálů a výrobků, které budou ze své podstaty bezpečné a udržitelné, iniciativy a financování na podporu rozvoje zelených a inteligentních technologií, pokročilých materiálů a inovativních obchodních modelů, vypracování kritéria EU pro bezpečnost a udržitelnost ze své podstaty pro chemické látky.

První část Strategie: Udržitelné chemické látky pro zelenou a digitální transformaci

Je zdůrazněn význam chemických látek jako stavebních kamenů nízkouhlíkových technologií, materiálů a výrobků s nulovým znečištěním a účinně využívajících energii a zdroje. Vyšší investice a vyšší inovační kapacita chemického průmyslu pro poskytování bezpečných a udržitelných chemických látek budou mít zásadní význam pro nabídku nových řešení a podporu zelené i digitální transformace hospodářství EU a jejich obyvatel.

Chemické znečištění ovšem způsobuje změnu klimatu, degradaci ekosystémů a ztrátu biologické rozmanitosti. Nové chemické látky a materiály musí být ze své podstaty bezpečné a udržitelné, od výroby až po konec životnosti, přičemž musí být zavedeny nové výrobní postupy a technologie, které umožní přechod chemického průmyslu k neutralitě z hlediska klimatu.

Strategie zdůrazňuje nutnost vystupňovat inovace pro vývoj a používání udržitelných chemických látek k umožnění zelené a digitální transformace. Hodnotové řetězce a stávající politika EU v oblasti chemických látek se musí posunout a rychleji a účinněji reagovat na problémy spojené s nebezpečnými chemickými látkami, zajistit bezpečnější a udržitelnější používání všech chemických látek a prosazovat minimalizaci a náhradu chemických látek vzbuzujících obavy. Strategie tyto látky definuje jako látky s chronickým účinkem na lidské zdraví a životní prostředí.

Pandemie Covid-19 ukázala, že výrobní i dodavatelské řetězce některých důležitých chemických látek v EU jsou velmi složité a globalizované, např. látek k výrobě léčivých přípravků. EU musí posílit svou otevřenou strategickou autonomii pomocí odolných hodnotových řetězců a diverzifikovat udržitelné získávání u látek, které mají zásadní využití pro naše zdraví a pro dosažení oběhového hospodářství neutrálního z hlediska změny klimatu.

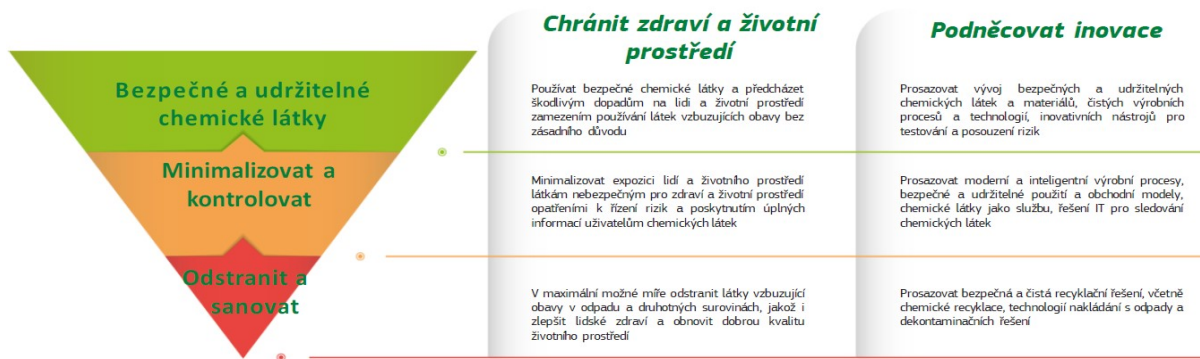
Komise chce širokou diskusi zainteresovaných stran a připraví jednání kulatého stolu na vysoké úrovni se zástupci průmyslu, vědy a občanské společnosti, která by se měla zaměřit zejména na zúčelnění a zefektivnění působení chemické legislativy a na způsoby podpory rozvoje a zavádění inovativních bezpečných a udržitelných chemických látek napříč odvětvími.

Druhá část Strategie: K životnímu prostředí bez toxických látek: nová dlouhodobá vize politiky EU v oblasti chemických látek

Strategie v souladu se Zelenou dohodou pro Evropu usiluje o vytvoření životního prostředí bez toxických látek, v němž se chemické látky vyrábějí a používají způsobem, který maximalizuje jejich

přínos pro společnost, včetně dosahování zelené a digitální transformace, a zároveň brání poškozování planety i jejích obyvatel. Předpokládá, že průmysl EU bude celosvětově konkurenceschopným aktérem v oblasti výroby a používání bezpečných a udržitelných chemických látek. Strategie navrhuje mnoho opatření a harmonogram transformace průmyslu.

Obrázek č. 4 Hierarchie bez toxických látek jako nová hierarchie v oblasti nakládání s chemickými látkami



Obrázek: Hierarchie bez toxických látek – nová hierarchie v oblasti nakládání s chemickými látkami

Strategie vytyčuje způsob provádění vize životního prostředí bez toxických látek opatřeními v 5 oblastech:

- Inovace pro bezpečné a udržitelné chemické látky v EU
- Silnější právní rámec EU pro řešení naléhavých problémů v oblasti životního prostředí a zdraví
- Zjednodušení a konsolidace právního rámce
- Komplexní znalostní základna o chemických látkách
- Jít příkladem v oblasti řádného nakládání s chemickými látkami v celosvětovém měřítku.

Inovace pro bezpečné a udržitelné chemické látky v EU

Strategie uvádí, že přechod na chemické látky, které jsou ze své podstaty bezpečné a udržitelné, je nejen společensky naléhavým krokem, ale také velkou hospodářskou příležitostí a klíčovou složkou oživení EU po krizi Covid-19. Pro chemický průmysl EU se jedná o příležitost k opětovnému získání konkurenceschopnosti dalším vývojem těchto látek a k nalezení udržitelných řešení napříč odvětvími, zejména pokud jde o stavební materiály, textilie, nízkouhlikovou mobilitu, baterie, větrné turbíny a obnovitelné zdroje energie. Komise ohledně nástroje „Next Generation EU“ uvádí, že členské státy investují do projektů, které usnadňují zelenou a digitální transformaci průmyslu EU, též v chemickém průmyslu, a zvyšují konkurenceschopnost udržitelného průmyslu EU.

EU bude podporovat vývoj ze své podstaty bezpečných a udržitelných chemických látek. Komise pro ně vypracuje kritéria EU a celounijní síť pro tuto koncepci včetně finanční podpory v rámci programu Horizont Evropa, politiky soudržnosti, programu LIFE a dalších nástrojů EU a partnerství veřejného a soukromého sektoru.

V čistém oběhovém hospodářství je nezbytné podpořit výrobu a využívání druhotných surovin a zajistit, aby prvotní i druhotné materiály i výrobky byly vždy bezpečné. Je třeba minimalizovat obsah látek vzbuzujících obavy ve výrobcích a v recyklovaných materiálech. Jsou nutné investice do inovativních technologií k řešení starých látek v odpadových tocích. Např. chemická recyklace by rovněž mohla hrát roli, ale pouze při zajištění celkově pozitivní environmentální a klimatické výkonnosti z hlediska celého životního cyklu. Komise zavede příslušné požadavky pro minimalizaci výskytu látek vzbuzujících obavy ve výrobcích a vypracuje metodiky pro posuzování chemického

rizika, které zohlední celý životní cyklus látek, materiálů a výrobků. Komise podpoří investice do udržitelných inovací, které mohou dekontaminovat odpadové toky, zvýšit bezpečnou recyklaci a omezit vývoz odpadů, zejména plastů a textilií.

I když evropský chemický průmysl již podle Komise investoval do ekologizace výroby, zelená a digitální transformace stále vyžaduje značné investice. Nové a čistší průmyslové procesy a technologie by pomohly nejen snížit environmentální stopu výroby chemických látek, ale také snížit náklady, zlepšit připravenost trhu a vytvořit nové trhy. Musí být upřednostněna energetická účinnost a rozhodující úlohu z hlediska udržitelnosti zdrojů by mohla hrát paliva, jako obnovitelný vodík a udržitelně vyráběný biometan. Digitální technologie, např. internet věcí, data velkého objemu, umělá inteligence, inteligentní senzory a robotika, mohou rovněž hrát významnou úlohu v procesech ekologizace výroby.

Komise pomocí svých finančních nástrojů a výzkumných a inovačních programů podpoří výzkum a vývoj pokročilých materiálů pro aplikace v energetice, stavebnictví, mobilitě, zdravotnictví, zemědělství a elektronice s cílem uskutečnit zelenou a digitální transformaci. Komise podpoří výzkum, vývoj a zavádění nízkouhlíkových chemických a materiálových výrobních procesů s malým dopadem na životní prostředí, digitální technologie, výzkum a vývoj inovativních obchodních modelů, zvyšování kvalifikace, přístup k rizikovému financování a další. Tento vývoj bude podpořen taxonomií udržitelného financování EU.

Odolnost EU vůči narušení dodávek některých chemických látek v zásadních aplikacích je klíčová např. pro dostupnost léčivých přípravků, ale i pro technologie pro klimatickou neutralitu, pro oběhovost čistých materiálů a pro cíle nulového znečištění. Komise proto určí strategické závislosti a navrhne opatření k jejich snížení, určí strategické hodnotové řetězce, podpoří mezuregionální spolupráci v rámci udržitelných hodnotových řetězců a odolnost EU v oblasti dodávek a udržitelnost chemických látek v zásadních aplikacích.

Silnější právní rámec EU pro řešení naléhavých problémů v oblasti životního prostředí a zdraví

Komise uvádí, že přestože je přístup EU k nakládání s chemickými látkami účinný, stávající a nově se objevující obavy v oblasti zdraví a životního prostředí vyžadují posílení právního rámce. Zejména nařízení REACH a CLP by měla být posílena jako základní předpisy pro nakládání s chemickými látkami.

Velká většina chemických látek v EU je regulována případ od případu a pro konkrétní použití, u nejškodlivějších chemických látek je však třeba standardně volit obecný přístup k řízení rizik, zejména pro použití ve výrobcích pro spotřebitele. Nejškodlivější chemické látky budou používány pouze pro použití, která jsou pro společnost zásadní – kritéria pro zásadní použití látek budou muset být řádně definována a jednotně uplatňována v právních předpisech EU.

Komise rozšíří úroveň ochrany přiznanou spotřebitelům podle nařízení REACH na profesionální uživatele a stanoví další priority pro řešení expozice pracovníků nebezpečným látkám.

Komise navrhne stanovit právně závaznou definici endokrinních disruptorů na základě definice WHO, zajistí jejich zákaz ve výrobcích pro spotřebitele a umožní jejich použití pouze v aplikacích zásadních pro společnost. Endokrinní disruptory budou zařazeny jako kategorie SVHC látek podle nařízení REACH. Komise zohlední účinek chemických směsí a obecněji jej začlení do hodnocení chemických rizik.

Problémem v EU jsou taky potenciálně kontaminované lokality, jejich odhadovaný počet je 2,8 milionu. Je třeba posílit stávající regulační a politický rámec. Komise proto navrhne nové třídy nebezpečnosti a kritéria v nařízení CLP s cílem řešit toxicitu pro životní prostředí, perzistenci, mobilitu a bioakumulaci, zařadí perzistentní, mobilní a toxické látky a vysoce perzistentní a velmi mobilní látky jako kategorie SVHC látek podle nařízení REACH.

Komise zakáže veškeré per – a polyfluoralkylované látky (PFAS) jako skupinu v hasicích pěnách i v jiných použitích a umožní pouze jejich použití zásadní pro společnost. Bude se jimi zabývat v rámci dalších právních předpisů, podpoří výzkum a vývoj inovativních metod pro nápravu kontaminace látkami PFAS v životním prostředí a ve výrobcích a náhrad PFAS.

Zjednodušení a konsolidace právního rámce

Komise konstatuje, že regulační rámec EU pro posuzování nebezpečnosti a rizik a nakládání s chemickými látkami je komplexní a složitý a splňuje daný účel, řada značně slabých míst však brání plnému využití jeho potenciálu.

Klíčovým cílem Strategie je zajistit zjednodušení tohoto rámce, jakož i konsolidaci a plné provedení pravidel EU týkajících se chemických látek. Komise bude usilovat o zjednodušení a větší transparentnost procesů posuzování nebezpečnosti.

Komise zajistí realizaci pravidla „jedna látka, jedno posouzení“, aby zahájení a stanovení priorit hodnocení bezpečnosti bylo prováděno koordinovaně, transparentně a co nejvíce synchronizovaně. Komise poskytne aktuální přehled všech plánovaných a probíhajících iniciativ k chemickým látkám ze strany orgánů napříč právními předpisy, zřídí v této věci odbornou pracovní skupinu a navrhne přerozdělení technické a vědecké práce prováděné v rámci příslušných právních předpisů evropským agenturám, a to včetně práce příslušných výborů.

Komise zreformuje postupy povolování a omezování podle nařízení REACH.

Komise vytvoří společnou otevřenou datovou platformu k chemickým látkám a bude pomocí centralizovaného a spravovaného úložiště EU podporovat opakované používání a harmonizaci limitních hodnot látek pro lidské zdraví a životní prostředí. Komise zajistí dostupnost příslušných akademických dat pro posuzování bezpečnosti a zjednoduší tok údajů o látkách mezi vnitrostátními orgány a orgány EU.

Komise zdůrazňuje nutnost zintenzivnit provádění a prosazování právních předpisů k chemickým látkám v EU. Členské státy musí podle Komise zvýšit kapacitu svých kontrolních orgánů. Komise posílí zásady „zákaz uvádění na trh bez údajů“ a „znečišťovatel platí“ a navrhne, aby v příslušných případech mohla provádět audity dodržování a prosazování právních předpisů k chemickým látkám v členských státech.

Komplexní znalostní základna o chemických látkách

Orgány EU musí podle Komise získat ještě řadu poznatků o vlastnostech převážně většiny chemických látek, včetně polymerů a chemických látek vyráběných v malém množství.

EU stále nemá komplexní informace o všech látkách uváděných na trh a o jejich celkové environmentální stopě, včetně jejich dopadu na klima. Informace požadované pro látky v malých a středních tonážích podle nařízení REACH neumožňují plně identifikovat látky s kritickými nebezpečnými vlastnostmi.

Komise předloží návrh na registraci polymerů vzbuzujících obavy podle nařízení REACH a posoudí, jak podle nařízení REACH nejlépe zavést požadavky na informace o celkové environmentální stopě chemických látek, včetně emisí skleníkových plynů.

Komise změní požadavky nařízení REACH na informace s cílem umožnit účinnou identifikaci látek s kritickými nebezpečnými vlastnostmi a identifikovat všechny karcinogenní látky vyráběné nebo dovážené bez ohledu na jejich objem.

Komise bude nadále ve spolupráci se členskými státy podporovat výzkum a biologický monitoring. Je třeba inovovat zkoušky bezpečnosti a posuzování chemických rizik.

Komise zřídí a zaktualizuje program výzkumu a inovací v oblasti chemických látek, posílí multidisciplinární výzkum a digitální inovace v oblasti pokročilých nástrojů, metod a modelů a kapacit pro analýzy údajů, poskytne finanční podporu kapacitám v oblasti biologického monitoringu lidí a životního prostředí a vytvoří systém včasného varování a opatření EU pro chemické látky.

Jít příkladem v oblasti řádného nakládání s chemickými látkami v celosvětovém měřítku

EU zintenzivní svou mezinárodní podporu v zájmu splnění cílů Agendy 2030 v oblasti řádného nakládání s chemickými látkami, bude hrát vedoucí úlohu a prosazovat provádění stávajících mezinárodních nástrojů i standardů EU v celosvětovém měřítku, bude usilovat o přijetí globálních strategických cílů a konkrétních úkolů pro řádné nakládání s chemickými látkami a odpady po roce 2020. EU bude podporovat provádění systému GHS OSN a navrhne jeho některé změny, podpoří rozvoj společných standardů a inovativních nástrojů pro posuzování rizik na mezinárodní úrovni, zejména s OECD.

2.1.4 Inteligentní specializace

Jednou z cest, jak soustředit finanční a lidské zdroje na podnikatelské aktivity, které indukují slibný potenciál pro absorpci výsledků VaV a nových znalostí v inovačních procesech, je Národní výzkumná a inovační strategie pro inteligentní specializaci ČR (dále NRIS3).⁷

NRIS3 strategie si klade za cíl efektivní zacílení evropských prostředků k posílení inovační aktivity, představuje předpoklad pro naplňování regionální a kohezní politiky EU a cílů strategie Evropa 2020. Ve sledovaném období 2015–2019 byla v rámci NRIS3 strategie na podporu aplikovaného a orientovaného výzkumu z veřejných prostředků ČR vyčleněno celk 43,82 mld. Kč (26 %), podpora EU činila 74,99 mld. Kč (44 %) a soukromý sektor přispěl částkou 51,12 mld. Kč (30 %). Projektů schválených a realizovaných v národních a rezortních programech podpory a monitorovaných v rámci NRIS3 strategie bylo celkem 2 571. Byl implementován nový systém hodnocení úspěšnosti VaV (Metodika M2017+), který akcentuje sledovat a trvale vyhodnocovat jeho dopady na společnost. Cílem je podpořit výzkumná témata, která průřezově splňují kritéria: světově/oborově relevantní výzkum – dostatečná kapacita navazujícího aplikovaného výzkumu – úspěšné aplikace (nová řešení pro kvalitu života, patenty, prodané licence, produkty) - reálné propojení na oborově korespondující firemní prostředí a na obory s potenciálem průlomových technologií s primárním cílem komercializovat na bázi finální produkce v ČR.

Prioritami NRIS3 strategie ČR jsou tzv. horizontální cíle (posílení výzkumných a inovačních kapacit podniků; podpora technologické spolupráce firem; posílení kvality výzkumných pracovišť; posílení spolupráce výzkumných organizací a firem; podpora kvalifikovaných pracovníků ze zahraničí; podpora využívání ICT v podnikání apod.). Druhou strukturální rovinu představují výzkumná a ekonomická specializace NRIS3. Jedná se o priority, které je vhodné podporovat s ohledem na národní výzkumnou a ekonomickou výkonnost v evropském a globálním kontextu. Rovinu ekonomické specializace RIS3 tvoří tzv. Aplikační odvětví RIS3 (strojírenství-mechatronika; průmyslová chemie; automotive; letecký a kosmický průmysl; digitální ekonomika; udržitelné hospodaření s přírodními zdroji apod.).

Rovinu výzkumné specializace NRIS3 tvoří tzv. znalostní domény (pokročilé materiály; nanotechnologie; biotechnologie; umělá inteligence; zabezpečení a konektivita; sociální inovace apod.). Priority NRIS3 nejsou stanoveny fixně, jejich upřesňování a zaměřování je neustálým procesem, který vychází z implementace výstupů procesu objevování podnikatelských příležitostí.

Z Analýzy propojení KETs s aplikačními odvětvími NRIS3 strategie 2021+ vyplývá:⁸

Výsledky VaV zaměřeného na Pokročilé materiály a nanotechnologie naleznou uplatnění ve všech aplikačních odvětvích této domény. Ve strojírenství se jedná zejména o využití pokročilých materiálů v nových nástrojích používaných ve strojírenství (řezání, broušení), povrchovém zpracování a úpravách povrchů). Pokročilé materiály najdou uplatnění i v energetice (například materiály pro membrány, filtry apod.).

V aplikačních odvětvích Průmyslová chemie je kladen důraz na VaV pokročilých materiálů a technologií jejich výroby. V případě Průmyslové chemie existuje potenciál ve výzkumu a vývoji pokročilých kompozitních materiálů, vláknových kompozitů, polymerů či materiálů pro 3D tisk.

Pokročilé výrobní technologie se uplatní v chemické výrobě (například při výrobě kompozitních materiálů) i při biotechnologických procesech a zařízeních pro čištění odpadních vod. Pokročilé výrobní technologie se uplatňují i v energetice v zařízeních pro jadernou i nejadernou energetiku a hutnictví.

Výsledky VaV zaměřeného na průmyslové biotechnologie, se nejvíce uplatní v aplikačním odvětví Průmyslová chemie např. v procesech čištění odpadů a odpadních vod. Uplatnění biomateriálů a biotechnologií je však i ve strojírenství a energetice (například využití biomasy v energetice nebo využití těchto technologií pro snížení negativních dopadů strojírenské výroby na životní prostředí).

⁷Národní RIS3 strategie 2021+ schválená vládou ČR, gesce MPO

⁸Analýza propojení KETs s aplikačními odvětvími Národní RIS3 strategie 2021+ Souhrnná zpráva Finální verze, 30. dubna 2020

Z těchto analýz byly následně identifikovány perspektivní oblasti KETs, kde je předpoklad pro využití výsledků VaV v podnicích působících v jednotlivých aplikačních odvětvích NRIS3. Pro Průmyslovou chemii byly identifikovány tyto oblasti a doporučení:

- VaV nových a inovativních výrobních technologií pro chemický průmysl, včetně snižování negativních vlivů na životní prostředí;
- VaV pokročilých materiálů (moderní plasty, biomateriály a biodegradovatelné materiály, moderní katalyzátory, nanomateriály a nanotechnologie apod.);
- VaV nových a sofistikovaných organických sloučenin pro různé aplikace;
- VaV průmyslových biotechnologií (katalyzátory, bioreaktory, biopaliva apod.)
- Podniky působící v aplikačním odvětví Průmyslové biotechnologie stimulovat ke spolupráci s VO z veřejného sektoru (zejména s VŠ a veřejnými výzkumnými institucemi, kde je silný VaV v této technologické oblasti);
- V relevantních nástrojích na podporu VaVaI vyžadovat pokrytí všech fází VaV od vývoje materiálů, technologických postupů a procesů až po jejich využití ve výrobě;
- Do projektů VaVaI zapojovat výzkumná centra a výzkumnou infrastrukturu vybudovanou z prostředků ESIF, zejména do projektů pokrývajících celý inovační cyklus s potenciálem pro disruptivní inovace;
- Dále je nezbytné zohlednit aktuální výzvy a trendy, které souvisejí s touto doménou (zejména klimatická změna a EGD)

V programovém období 2021–2027 bude význam NRIS3 strategie dále narůstat. Jedná se o základní podmínku pro uvolnění prostředků EU určených pro financování intervencí zaměřených na orientovaný a aplikovaný výzkum v zemích EU. Postupně se také stává koordinačním mechanismem i u intervencí financovaných z národních zdrojů. Hlavním posláním NRIS3 2021–2027 bude zaměření na to, aby byla ČR prosperující, technologicky vyspělou, k přírodě šetrnou a digitálně přívětivou. Dlouhodobý cíl: Do roku 2030 dosáhnout excelence ve výzkumu a vývoji podle standardů Evropské výzkumné rady.

Hlavní směry výzkumu navržené v této CM jsou v souladu s NRIS3.

Bariéry:

- Stále nedostatečné zapojení českých subjektů VaV do programu Horizont 2020
- Velká šíře řešených výzkumných úloh
- Dopady pandemie Covid -19 (prioritizace podpory jednotlivých oborů i multidisciplinárních týmů dozná změn směrem k odvrácení dalších hrozeb tohoto typu).

2.1.5 Cirkulární ekonomika

Oběhové hospodářství neboli cirkulární ekonomika (dále CE) je způsob výroby a spotřeby, který díky sdílení, pronajímání, opětovnému používání, opravování, repasování nebo recyklaci zhodnocuje existující výrobky, suroviny a materiály. Tím se prodlužuje životní cyklus produktů a minimalizuje odpad.

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 zužitkování 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.

EU zpracovala Nový akční plán pro oběhové hospodářství. Ten zdůraznil problematiku obnovitelných obalů (do roku 2030 opětovně použitelné nebo ekonomicky recyklovatelné), spolehlivé informace o

výrobcích – minimalizace falešných ekologických tvrzení, elektronický pas produktu, integrovaný jednotný trh s druhotnými surovinami).

ČR zatím nemá specifickou strategii pro oblast CE. Národní Strategický rámec Cirkulární Česko 2040 teprve vzniká ve spolupráci s Organizací pro ekonomickou spolupráci a rozvoj (OECD). Již dnes existuje řada příkladů uplatňování přechodu z lineárního chodu systému na cirkulární na konkurenceschopné úrovni. Je pozitivní, že se jedná často i o MSP, které mají velký inovativní potenciál. V ČR dnes operuje více než 1500 společností, pro které jsou druhotné suroviny základním kamenem existence.

Chemický průmysl má jedinečnou pozici k tomu, aby tuto iniciativu podpořil, 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. Podobně je tato problematika řešena v SVA SusChem CZ IV.⁹

Mnoho běžných produktů obsahuje ekonomicky recyklovatelné koncentrace strategických prvků: fluorescenční světla, pevné disky, autobaterie, katalyzátory a solární panely jsou příkladem produktů, které mohou být recyklovány. 10 procent fluorescenčních žárovek se skládá z prvků vzácných zemin (dále REE) jako je europium, terbium, lanthan, cerium a yttrium. Platina a prvky platinové skupiny mohou být získány s relativně vysokou účinností z katalyzátorů hybridních automobilových motorů a v menším rozsahu z chemických katalyzátorů a skla. V příštím desetiletí by mohlo být recyklováno až 99,8 % platiny z katalyzátorů vzhledem k snadnému odstranění uhlikatých usazenin. Ačkoli malé spotřební elektronické přístroje jsou jednou z největších aplikací prvků vzácných zemin, jako je neodym a dysprosium, je obtížné získat tyto prvky ekonomicky životaschopným způsobem, protože kovy jsou přítomné pouze v stopových koncentracích (méně než 1 %). Strategické prvky se navíc často používají ve formě slitin, což ztěžuje získávání prvků zájmu ve své čisté podobě.

Hodně si slibujeme od vývoje pyrolýzy plastových odpadů. Produkty pyrolýzy mají být použitelné jako alternativní surovina v petrochemickém průmyslu – monomery pro výrobu polymerů, rozpouštědla, mazadla, změkčovadla apod. Vodík může být použit jako alternativní palivo.

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.

Vedle podpory výzkumných projektů orientovaných na rychlé uplatňování výsledků výzkumu v praxi je přechod na CE výrazně stimulován zpřísněnými legislativními požadavky a řadou ekonomických stimulů (zvyšování ceny emisních povolenek, výrazné zvýšení poplatků za ukládání odpadů).

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). 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, případně

⁹ SVA SusChem CZ IV 2019

skládek). Pokyny týkající se CE budou zahrnuty do referenčních dokumentů o nejlepších dostupných technikách (BREF) v řadě průmyslových odvětví.¹⁰

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. Stále více těchto 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. 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. Příkladů 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.

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.

Uplatnění nových principů CE vyvolalo potřebu změn v legislativě (např. novely směrnice o odpadech, směrnice o skládkách, směrnice o vozidlech s ukončenou životností, o bateriích a akumulátorech, odpadních bateriích a akumulátorech, o odpadních elektrických a elektronických zařízeních a novela směrnice o obalech a obalových odpadech). Jak již bylo uvedeno výše, CE není jen o pyrolýze nebo katalytické depolymerizaci různých odpadů. Pro český chemický výzkum a vývoj existuje celá řada dalších výzev jako je vývoj nových separačních metod, biorafinace jako oběhové technologie, nanomateriály, materiály pro konverzi a ukládání energie, pokročilé katalytické procesy, získávání cenných látek z odpadních vod, náhrada ohrožených kovů, návrh materiálů umožňujících ekologickou konstrukci výrobků. Mezi úkoly chemického výzkumu patří i substituce zakázaných chemických látek s cílem zlepšit podmínky pro recyklaci materiálů a výrobků. Druhotné suroviny jako lignocelulósová biomasa nebo CO₂ z průmyslových spalin by mohly být použity jako alternativní uhlíkové zdroje pro výrobu udržitelnějších materiálů, chemikálií a pohonných hmot. Nízkouhlíková

¹⁰ Ing. Jaroslav Suchý Green Deal a energetika aneb Dekarbonizace jako výzva pro chemii, webinář 8.12.2020

ekonomika postavená na základě cirkulárních řešení představuje velkou příležitost pro české firmy v rámci prosazování udržitelného rozvoje.

Imperativa současnosti spočívají v nízkouhlíkové ekonomice, v CE (odpadové hospodářství a recyklace všech prvků), v efektivním hospodaření s vodou a v neposlední řadě v náhradě primárních fosilních uhlíkatých surovin bio-zdroji. Přitom je nutno uvažovat s řadou mezirezortních vazeb v navazujících odvětvích, která mají naléhavý zájem na zlepšené účinnosti a mohou hrát zásadní roli při řízení programu efektivního využívání zdrojů kvůli vysoké závislosti na dodávkách energií, chemických produktů a dalších surovin. Tato průmyslová odvětví rovněž sdílejí potenciálně vysoký dopad, který mohou mít na životní prostředí prostřednictvím svých každodenních činností.

Bariéry a rizika:

- Postoj EU k zemnímu plynu jako fosilnímu palivu
- Při vyšší spotřebě, pravděpodobné navýšení ceny ZP s ohledem na využití v energetice, a to v celé EU (zejména Německo, a Polsko)
- Velká investiční náročnost a nízká návratnost potřebných investičních opatření
- Omezená podpora (zejména pro velké podniky, které tvoří páteř chemického průmyslu ČR)
- Zvýšení rizikovitosti investic do výzkumu s ohledem na připravované zásadní změny chemické legislativy
- Chybí zajistit pravidla pro klasifikaci chemických látek a odpadů, které mají napomoci zpracovatelům odpadů a příslušným orgánům zaujmout

2.1.6 Průmysl 4.0

Průmysl 4.0 je označení pro nadcházející inovace a proměny výrobních procesů v rámci čtvrté průmyslové revoluce. Jeho posláním je řešit situaci, již zcela evidentně vyvolal internet. Jeho podstatou je digitalizace, rozšiřování vysokorychlostního internetu, rozvoj chytrých technologií, komunikace a řada dalších témat. Internet a digitalizace umožňují kompletní propojení a automatizaci veškerých výrobních procesů a také služeb s nimi spojených.

Zastřešujícím dokumentem vlády ČR pro oblast digitální agendy je Akční plán pro Společnost 4.0.¹¹

V posledních letech na chemické podniky silně působí zvýšená konkurence, mění se potřeby zákazníků, vyvíjející se regulační prostředí a dynamické nákladové rovnice, které vytvářejí stále náročnější prostředí. Navíc v roce 2020 zasáhla i chemický průmysl pandemie a vlivem celosvětové krize došlo k narušení dosavadních hodnotových řetězců. Koronavirus je technologický i digitální akcelerační faktor a my skutečně přeskakujeme do jiné dimenze struktury ekonomiky. Velmi tvrdě zasáhnou stávající strukturu chemického průmyslu dopady EGD a Strategie pro udržitelnost v oblasti chemických látek. Tyto okolnosti budou mít negativní dopad na politicky citlivé téma – zaměstnanost. Je si potřeba otevřeně říci, že určité typy profesí prostě nebudou potřeba nebo nebudou potřeba v takové výši. Již dnes je potřeba motivovat pracovníky, aby se requalifikovali a mohli následně přejít do těch podniků nebo profesí, které se budou dynamicky rozvíjet.

Pokud mluvíme o průmyslu 4.0, tak mluvíme také o tzv. „chytrých továrnách“. Pouze precizně nastavené předvýrobní procesy a jejich digitalizace umožní firmám chod dokonale automatizované továrny, připravené zvládat rozličné digitální vstupy.

Současné trendy Průmyslu 4.0:

- Uplatnění umělé inteligence – díky IoT budou veškeré senzory, kamery, vysílače zařízení a čtečky kódů komunikovat a do jisté míry řídit výrobu samy, roli hrají velká data, jejich zpětné využívání a efektivní recyklace znalostí.
- Systémové inženýrství – spolupráce a propojení více inženýrských profesí při výrobě komplexního výrobku
- Robotizace
- Reverzní inženýrství – 3D skenování výrobku a jeho převod z reálné podoby do 3D modelu
- Aditivní výroba – podporující end-to-end vizi Průmyslu 4.0 ve výrobě prototypů díky 3D tisku a aditivní výrobě

¹¹ Akční plán pro Společnost 4.0 https://opendata.gov.cz/legislativa:spolecnost_4_0

- Změna business modelů – servitizace – propojování výrobní činnosti s poskytováním služeb zákazníkům.

Digitalizace nemá vliv pouze na spotřebitele – ale ovlivňuje průmysl. Díky rostoucím požadavkům zákazníků vznikajících díky internetu, roste i nátlak na výrobce vyrábět a dodávat produkty rychle, kvalitně, přesně na míru požadavkům zákazníků, a to za cenu masové výroby.

Obchodní modely, které zůstávají spojeny s používaným výrobkem, mohou poskytnout významnou příležitost v některých oblastech chemického průmyslu – například prostřednictvím systémů, které monitorují chemické aplikace v průmyslových procesech. Jedním z příkladů jsou 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 výrobcům 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. Řada takových modelů se vyvíjí již více než deset let v částech speciálního chemického průmyslu a existuje potenciál pro jejich urychlení spojené s digitálním. Tyto přístupy však nebudou použitelné pro celý chemický průmysl: hlavní důraz je kladen na to, kde speciální chemikálie zvyšuje užitnou hodnotu, jako je katalyzátor nebo chemikálie na úpravu vody. Nastal čas takové transformace: 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 předvídaním 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 trhu: Zařízení, které pracuje podle výkonnostní smlouvy, vydělává dohodnutou platbu, zatímco platby za zařízení s poruchami nebo poruchami na začátku slibovaného životního cyklu je 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.

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 současné pandemii a operativně byly schopné přinést na trh potřebné ochranné prostředky.

Co přináší digitalizace:

- Zkrácení času potřebného k uvedení nového výrobku na trh a větší diferenciaci produkce podle potřeb jednotlivých zákazníků bez ztráty kvality
- Vyšší flexibilitu
- Vyšší kvalitu – k zajištění vysoké kvality výrobků a splnění právních požadavků musí firmy zavést takové systémy řízení kvality, které umožní zpětné vysledovat výrobní procesy a dohledat informace o výrobku
- Zvýšení efektivity – nejen produkty musí být šetrné k životnímu prostředí. Trvale udržitelná musí být také výroba. S tím souvisí zvyšování energetické a materiálové účinnosti a efektivity průmyslové výroby. To představuje významnou konkurenční výhodu

- Změnu business modelu – Digitalizace umožňuje chemickým společnostem shromažďovat rozsáhlá data, která lze vyhodnotit a využít ke zlepšení provozních procesů a budování nových obchodních modelů
- Požadavek na zvyšování bezpečnosti

Tyto požadavky nelze naplnit pouhým zavedením automatizace výrobních procesů. Zřejmý potenciál přináší digitalizace průmyslové výroby. Taková výroba vyžaduje komplexní přístup zahrnující celý hodnotový řetězec včetně dodavatelům, který umožňuje digitalizovat celý vývojový a výrobní proces od návrhu a přípravy produktu až po návrh výroby, uvedení do provozu, provoz a modernizaci strojních zařízení i výrobních závodů. Jedině tak lze využít všech výhod, které digitalizace nabízí.

Zpracovatelský průmysl potřebuje závody, které zůstanou stabilní, budou fungovat desítky let bez větších změn a bez kolísání kvality produktu a zároveň si zachovají maximální energetickou účinnost. Digitalizace se svým konzistentním datovým modelem hraje stále významnější úlohu pro životní cyklus zpracovatelských podniků. Podniky mohou s využitím nástrojů pro simulování, testování a optimalizování procesů a závodů vytvořit tzv. digitální dvojče a vyladit všechny detaily a případné chyby daného zařízení ještě před uvedením do provozu. Sběr a vyhodnocování dat umožňuje procesy neustále monitorovat a vylepšovat. Kompletní integrace těchto dat získaných z měření v provozu dovoluje predikovat náklady na údržbu a servis.

Digitální revoluce klade nové požadavky na aplikovaný výzkum a experimentální vývoj. Byly analyzovány potřeby průmyslové praxe a inventarizovány kapacity relevantního aplikovaného výzkumu a jeho růstový potenciál pro účely efektivního zaměření výzkumné aktivity. Velkým potenciálem konceptu Průmysl 4.0 je v neposlední řadě snižování energetické a materiální náročnosti výroby, umožnění maximálního využití zbytkových materiálů jako vstupních komponent do následného výrobního procesu, rozvoj biotechnologií, pokročilý proces a materiály, rozvoj aditivní výroby, vývoj technologických řešení pro decentralizované systémy výroby a distribuce energie.

Konkrétní témata výzkumu a vývoje (VaV) v této oblasti byla promítnuta do aktualizace NRSI3. Nutno však poznamenat, že tam ještě nejsou úplně zahrnuty výzvy vyplývající z EGD a Strategie pro udržitelnost v oblasti chemických látek. Vidíme významné příležitosti ve výzkumu a vývoji k rychlejšímu vytváření produktů s vyšší přidanou hodnotou a vyšší marží, zejména u speciálních chemikálií a chemikálií na ochranu rostlin. Chemické společnosti budou moci pomocí optimalizace vysoké propustnosti vyvíjet a upravovat molekuly, které nabízejí vyšší hodnotu. Budou také schopni nasadit pokročilou analytiku a strojové učení k simulaci experimentů, využívat prediktivní sílu digitálu k systematické optimalizaci formulací pro výkon a náklady a k získávání informací o datech z minulých úspěšných a neúspěšných experimentů. V neposlední řadě budou schopni identifikovat nejlepší možnou alokaci zdrojů ke zvýšení výkonnosti týmů výzkumu a vývoje a inovačního kanálu. Mnoho z těchto postupů je již zavedeno ve farmaceutickém průmyslu, ale v chemických společnostech se teprve rozvíjí. Stát by měl vytvořit takové podmínky, aby i MSP měly možnost využívat výsledků výzkumu.

Nové technologie významně mění každodenní život a konkurenční prostředí. Digitalizace zvyšuje tempo změn ve všech průmyslových odvětvích a pokrok v biotechnologiích a aditivní výrobě mění základnu podnikání v chemickém průmyslu. Mění se struktura poptávek a zákazníků, ale i cíle společnosti. Zvýšená poptávka po efektivním využívání zdrojů a ochraně životního prostředí má hmatatelný dopad na preference zákazníků. Chemický průmysl čelí zásadním výzvám umocněným novými výzvami EU jako EGD.

V posledních letech na chemické podniky silně působila zvýšená konkurence, mění se potřeby zákazníků, vyvíjející se regulační prostředí a dynamické nákladové rovnice, které vytvářely postupně náročnější prostředí. Navíc v roce 2020 zasáhla i chemický průmysl pandemie a vlivem celosvětové krize došlo k narušení dosavadních hodnotových řetězců. Koronavirus je technologický i digitální akcelerační faktor a my skutečně přeskakujeme do jiné dimenze struktury ekonomiky. Velmi tvrdě zasáhnou stávající strukturu chemického průmyslu dopady EGD a Strategie pro udržitelnost v oblasti chemických látek.

Tyto okolnosti budou mít negativní dopad na politicky citlivé téma – zaměstnanost. Je si potřeba otevřeně říci, že určité typy profesí prostě nebudou potřeba nebo nebudou potřeba v takové výši. Již dnes je potřeba motivovat pracovníky, aby se rekvalifikovali a mohli následně přejít do těch podniků, které se budou dynamicky rozvíjet.

V roce 2020 byl realizován kvalitativní výzkum stavu implementace konceptu Průmyslu 4.0 v českých chemických podnicích. Ve čtyřech významných chemických podnicích byly šetřeny okolnosti úrovně povědomí o prvcích Průmyslu 4.0, problematiku a míru zavedení do podnikové praxe, jakož i dopady, které tato transformace v podnicích vyvolala a do budoucna i vyvolá. Respondenti se shodli, že v podnicích budou implementací prvků Průmysl 4.0 zasaženy oblasti procesního managementu, údržby, logistiky, kybernetické bezpečnosti a oblast vzdělávání zaměstnanců i struktura pracovních pozic. Implementace prvků je ztížena nejistotou návratnosti investic, nedostatečným zázemím IT i nedostatkem kapitálu, proto proces transformace probíhá pozvolna a pouze v dílčích podnikových procesech.¹²

Ve výsledku se mnoho chemických podniků zaměřuje na znovuoživení svých obchodních a provozních modelů prostřednictvím transformačních trendů vycházejících z jiných průmyslových odvětví. Jelikož mnoho globálních průmyslových odvětví a sektorů zahrnuje digitalizaci v oblastech od obchodních procesů až po řízení vztahů se zákazníky, stává se digitální transformace inteligentním obchodním cílem nad rámec pouhého vylepšení jádra podnikání. Globální chemický průmysl může těžit z takové transformace, která může působit jako katalyzátor k odemčení dalších příležitostí. V globálním chemickém průmyslu probíhá mnoho ad hoc přístupů a experimentů s digitálními a exponenciálními technologiemi. Mnoho chemických podniků si přesto není jistých výhodami, které mohou vyplývat z digitální revoluce, a jsou opatrní vůči digitálnímu přepracování celého podniku. Mezi výzvy, kterým chemické podniky čelí a které jim mohou bránit v dosahování digitální excelence, patří:

- Současné digitální odpovědnosti jsou ztraceny
- Zdá se, že řízení změn pro usnadnění přijetí digitální agendy pracovními silami chybí
- Kritická role kybernetické bezpečnosti, správy talentů a strategických aliancí nebyla plně uznána
- Digitální příležitosti se v krátkodobém horizontu očekávají nejvíce v obchodních operacích, prodeji a marketingu

Je zapotřebí spolupracovat, na národní i evropské úrovni, při vytváření vhodných podmínek – právního rámce, regulace, standardizace a kybernetické bezpečnosti.

K aktivnímu přístupu k Průmyslu 4.0 jsou nutné inovativní lidské zdroje, jejich motivace pro technické obory již od základních škol až po doplňování informací celoživotním vzděláváním a podporování aktivity a kreativity ve vyšším věku. Vzdělávání je nutná podmínka a hybná síla pro využití Průmyslu 4.0 jako příležitosti ke zvýšení konkurenceschopnosti českého chemického průmyslu.

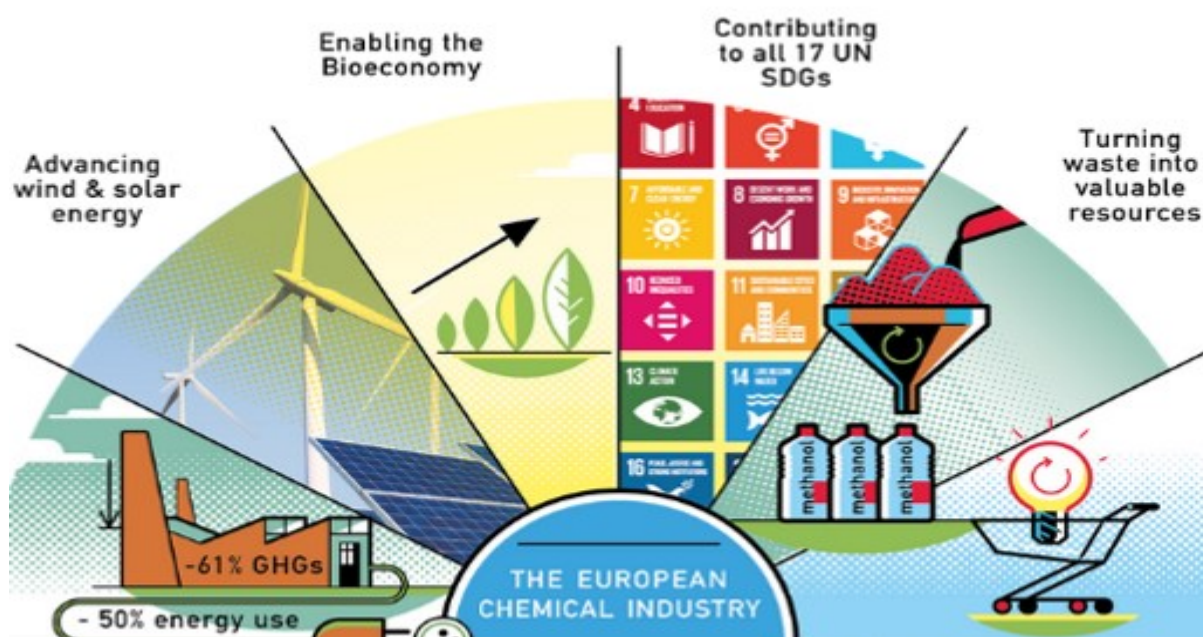
Rizika:

- Kybernetická bezpečnost – Digitalizace přináší nová bezpečnostní rizika. Vede ke zvyšování zranitelnosti výrobních závodů možným kybernetickým útokem – a to zvyšuje potřebu přijmout adekvátní bezpečnostní opatření
- Změna struktury zaměstnanců
- Snížení zaměstnanosti, zejména omezení některých profesí

Bariéry:

- Nedostatečná úroveň digitalizace státní správy
- Dlouhá doba schvalování investic
- Nedostatek vlastních finančních prostředků pro realizaci potřebných změn a inovací
- Nedostatek odborníků, zejména v oblasti IT

¹² JAN VÁVRA, OSKAR BAKEŠ: PRŮMYSL 4.0 V PODNICÍCH CHEMICKÉHO PRŮMYSLU, 72. sjezd chemiků Praha 2020



2.1.7 Hospodaření s vodou

Klimatické změny, způsob hospodaření s půdou a lesy, dramatický růst populace spolu s rostoucí poptávkou průmyslu a zemědělství vyvolává vážné obavy, že nás čeká velký nedostatek pitné vody. S růstem populace a ekonomické úrovně se do roku 2030 očekává zvýšení celosvětové poptávky po vodě o 40 % a energii o 50 %.

Základním imperativem je optimální a integrované opětovné použití vody. Pravděpodobně každý vyrobený výrobek používá vodu během určité části výrobního procesu. Průmyslové použití vody zahrnuje vodu používanou pro takové účely jako je výroba, zpracování, mytí, ředění, chlazení nebo přeprava produktu; zabudování vody do produktu; nebo pro hygienické potřeby ve výrobním zařízení. Opatření pro účinné využívání zdrojů v městských a průmyslových oblastech často nabízejí technologie, které snižují spotřebu vody a současně významně snižují množství potřebné energie a chemikálií, například při výrobě vody nebo čištění odpadních vod. Příkladem může být rostoucí podíl využívání membránových technologií v procesech úpravy vod v energetice i různých průmyslových odvětvích. Výhodou membránových technologií je možnost dosažení vysokého zakoncentrování znečišťujících látek při poměrně malé energetické náročnosti procesu, pokročilé membránové technologie tak nahrazují odpařování, nebo tradiční ionexové technologie. Přímé opětovné použití proudů teplé a studené vody, také úpravou v blízkosti nebo jako součást jednotlivého kroku procesu, snižuje množství energie potřebné pro ohřev a chlazení těchto vodních toků. Zpracování blízké jednotlivým krokům namísto zpracování na konci potrubí zvyšuje možnosti znovuzískání surovin a produktů. Průmyslový a sociální vývoj může vést k odlišné roli vody ve zpracovatelském průmyslu. Například výroba chemikálií z biomasy pomocí průmyslové biotechnologie v hospodářství založeném na biotechnologiích často povede k situaci, že produkt musí být oddělen od relativně zředěného a komplexního vodního proudu. Uzavření cyklu vody, živin a minerálů v těchto nových průmyslových procesech bude vyžadovat nový vývoj ve vodních technologiích. Vodní symbióza a dodávka vhodné vody jsou považovány za klíčové prvky pro zajištění a umožnění optimálního a integrovaného (opětovného) využívání vody. Výrobci vody a průmyslová odvětví náročná na vodu, jako je potravinářský, chemický, papírenský a celulóžový a textilní průmysl, budou muset spolupracovat v následujících oblastech, aby vytvořili požadovaná průlomová řešení. Upravenou vodu od jedné společnosti mohou ostatní využívat jako cenný zdroj. Totéž platí pro městské odpadní vody. Je třeba vyvinout metodiky a nástroje pro hodnocení a monitorování vodní symbiózy a nové ekonomické modely (včetně společných investic, záruk atd.).

V Izraeli, kde mají vybudované systémy hospodaření s vodou (kapková závlaha, pokročilé způsoby filtrace, odhalování úniků vody v systémech zásobování vodou, sběr a úprava dešťové vody a využívání komunálních odpadních vod jako nového zdroje především pro zemědělství) plánují zvýšení podílu upravené a recyklované odpadní vody pro využití v zemědělství ze současných 86 % na 90 % do roku 2030.

Chemický průmysl se zaměřuje na minimalizaci množství vypouštěné vody pomocí systémů s uzavřenou smyčkou. Regulace nečistot v uzavřených vodních systémech vyžaduje kombinaci monitorovacích nástrojů a senzorů v reálném čase, vysoce selektivní separace a nové úpravy vody, aby se zabránilo znečištění a korozi. Opatření na efektivnost hospodaření s vodou jsou také sladována s cíli ke snížení spotřeby energie. Spotřeba energie je kritickým ukazatelem rozvoje nových technologií pro vodní hospodářství a úpravu vody. Vodní symbióza a dodávka vhodně upravené vody jsou považovány za klíčové prvky zajišťující a umožňující optimální a integrované (opětovné) použití vody nejen pro chemický průmysl, ale také ve spolupráci s dalšími odvětvími, včetně komunálního a zemědělského využití.

Voda je často používána také jako médium pro přenos chladu nebo tepla. Využití nízko potenciálového tepla a 100 % recyklace chladicích vod musí být dnes samozřejmým prvkem chemických technologií. V případě chladicích vod je zabránění jejich kontaminace a únikům v technologických procesech předpokladem jejich recyklace, případně využití jako vody technologické. V průmyslu se jedná o důslednou recyklaci odpadních vod a optimalizaci chladicích vod. Na rozdíl od mechanických, například strojírenských technologií, vznikají v chemické výrobě odpadní proudy, které nelze jednoduše eliminovat, protože vznik nežádoucích vedlejších produktů a výtěžnost procesů je dána přírodními zákony.

Přes značné úsilí spojené s regenerací surovin a náročnými separačními postupy zejména při syntéze farmaceutických a barvářských produktů značný podíl organických sloučenin odchází z výroben jako součást procesních nebo odpadních vod případně emisí. Trvale udržitelný rozvoj průmyslu, přechod na tzv. čisté technologie a recyklace procesních toků si vynucují zavedení specifických čistících operací přímo do výrobních jednotek. Typické koncentrované průmyslové odpadní vody z výroby speciálních chemikálií, farmaceutických preparátů nebo barvářských výrobků obsahují organické látky, většinou substituované aromáty, které jsou buď obtížně rozložitelné, nebo toxické pro aktivní kaly biologických čistíren. Nečistoty lze odstranit specifickými postupy v rámci vlastní výrobní jednotky. Tyto čistící procesy jsou součástí regenerace či předčištění procesních vod, popř. izolace a dalšího zpracování anorganických chemikálií obsažených v procesních vodách. Faktory, které ztěžují biologický rozklad, jako značná kyselost nebo alkalita vod, kladoucí nároky na neutralizaci a ochranu proti korozi zařízení. Častý vysoký obsah anorganických solí má vliv na rozpustnost kyslíku i organických nečistot. Objem odpadních vod a požadavky kladené na vyčištěnou vodu pak určují výběr metody, kapacity zařízení a podmínek čištění. Jedná se např. o oxidaci organických látek ve vodách, která se provádí nejčastěji a nejekonomičtěji v biologických čistírnách odpadních vod. Nevýhodou biologického čištění je však nízká přípustná maximální vstupní koncentrace nečistot (CHSK pod 15 g/l) a dále zpracovávat látky toxické, baktericidní nebo pěnотvorné.

Další skupinou jsou metody mokré katalytické oxidace, probíhající za atmosférického tlaku a teploty okolí. Nejznámější z nich je ozonizace. Ta však vyžaduje řádově nižší koncentrace oxidovatelných látek proti biologickému čištění. Používá se vzduch nebo kyslík obohacený cca o 10 % ozónu, výhodou je třináctinásobně větší rozpustnost ozónu ve vodě proti kyslíku.

Chemický průmysl však není jen jedním z největších spotřebitelů vody, ale zejména největší poskytovatelem materiálů a technologií pro úpravu vody na straně druhé. Bude hrát vedoucí úlohu při poskytování inovativních řešení a při významně přispívat k udržitelnému vodnímu hospodářství. Role chemického průmyslu v oblasti vodního hospodářství je zejména v odstraňování nečistot z odpadních vod a průmyslového odpadu, a kromě toho se také podílí na přípravě pitné vody. Zaměřuje se i na vývoj nových technologií, které přeměňují šedou nebo dešťovou vodu na zdroj znovu využitelné vody. V rámci vodního hospodářství stojí chemický průmysl před několika výzvami, mezi které patří např.:

- technologie pro úpravu vody, které by zároveň snižovaly poptávku po energii;
- předvídatelnost dopadů chemikálií na životní prostředí;
- výroba chemikálií a produktů, které budou efektivní a zároveň recyklovatelné, případně samo rozložitelné.

Nejde pouze o snižování spotřeby energie a dopady na životní prostředí, jelikož v konečném důsledku je cílem snižování spotřeby vody. Výzkum a vývoj by měl směřovat k udržitelným procesům, které budou méně náročné na vodu anebo povedou k jejímu opětovnému používání. Chemický průmysl se zabývá výzvou v oblasti kvality vody vývojem výkonnějších a účinnějších technologií se sníženým dopadem na životní prostředí a spotřebou energií, jako jsou chemikálie pro technologie čištění vody, nové membránové technologie a chemické a fyzikální úpravy (eliminace znečišťujících látek ve vodě). Požadavek na snížení spotřeby vody v chemickém průmyslu je třeba řešit modernizací výrobních technologií a systémů hospodaření s vodou, zaváděním modernějších chladicích systémů bez potřeby vody, vnitřní recyklací a opětovným použitím odpadních vod, případně využívám odsolených komunálních odpadních vod. Tím lze dosáhnout snížení spotřeby pitné vody a vody z dalších přírodních zdrojů.

Přenos technologií a používání inovativních technologií přispěje ke snížení spotřeby vody ve spotřebních výrobcích a v dalších odvětvích. Vzhledem k tomu, že voda je využívána intenzivně v zemědělském a průmyslovém sektoru a pro veřejné využití, současné problémy nelze řešit pouze jedním odvětvím. Je zapotřebí integrovaná řešení v rámci symbiotického přístupu. Tento přístup zahrnuje opětovné použití, recyklaci, čištění odpadních vod a využití surovin z vody, které mohou být použity jako suroviny pro jiné procesy a průmyslová odvětví. V dohledné době dojde k vyvažování konkurence mezi různými způsoby využití vody (např. při vyhledávání regulace odběru vody). Další rozvoj automatizace v rámci Průmyslu 4.0 sníží rizika lidského faktoru.

Chemická úprava vody je nenahraditelná, neboť nejen že zajišťuje bezpečnou pitnou vodu, ale rovněž úpravu odpadních vod. Vedle toho je nezbytné omezovat znečištění vody z výroby a použití chemických produktů a současně dosáhnout hospodárnější spotřebu vody v průmyslu a zemědělství.

Za základ strategie udržitelného hospodaření s vodou slouží nejlepší postupy v integrovaných vodohospodářských systémech, ale také např. i řešení ropných a dalších ekologických havárií na vodních tocích, silnicích a půdě. Tyto systémy musí být uplatňovány ve všech odvětvích zemědělství, průmyslu a v komunální sféře. Součástí je i výchova obyvatel k hospodárnému zacházení s vodou. Pro podporu podnikatelského sektoru v boji se suchem vyhlásilo MPO ČR dotační programy Expanze, Inovační vouchery, Inovace a Poradenství.

Pro budoucí programové období 2021+ je připraven OP Konkurenceschopnost, který řeší následující aktivity hospodaření vodou pro výrobní podniky:

- proces optimalizace spotřeby vody v rámci výrobního procesu – snížení či eliminace potřeby vody;
- 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 využívání vody v obslužných provozech podniků – údržba, logistika, doprava;
- snižování ztrát vody v uzavřených okruzích nebo rozvodech vody;
- využívání potenciálu odpadní páry;
- optimalizace technologie chlazení (náhrada chladicích věží se skrápěním adiabatickým chlazením);
- instalace systémů suchého čištění dopravních prostředků;
- nákup poradenských služeb pro MSP zacílených na zpracování plánu recyklace vody ve výrobních odvětvích

Ve střednědobém horizontu jsou výzvou pro VaV následující problémy:

- Inovace některých technologií (např. foto oxidační odstraňování organických nečistot z vody);
- 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);

- Vyšší aplikace nanomateriálů (např. nanofiltry 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 (např. reverzní osmóza, elektrodialýza nebo iontoměniče).

Bariery:

- Nákladné čištění speciálních odpadních vod např. z biotechnologií nebo farmaceutické výroby
- Obtížné prosazování průmyslové symbiózy v oblasti hospodaření s vodami

2.2 Návrh vize českého chemického průmyslu

Vizi českého chemického průmyslu je udržet konkurenceschopnost i v podmínkách celosvětové hospodářské krize vyvolané pandemií Covid 19 a v nových podmínkách vyplývajících z EGD, Cirkulární ekonomiky a Průmyslu 4.0. Svými inovovanými výrobky, technologiemi a procesy, zacílením VaVal přispíváme ostatním odvětvím národního hospodářství a k prosperitě ČR jako země, jejíž ekonomika je založena na znalostech a schopnosti inovovat.

EU potvrdila svůj záměr dosáhnout do roku 2030 snížení emisí. Členské země mohou zvolit vlastní energetický mix a vybrat nejvhodnější technologie pro kolektivní dosažení závazku k roku 2030, včetně přechodových technologií jako je využívání plynu. Dlouhodobý proces nahrazování uhlí plynem v teplárenství a výrobě elektřiny v ČR již začal.

Splnění těchto záměrů bude pro ČR znamenat nutnost hluboké transformace ekonomiky, především průmyslu a odvětví energetiky. Lze předpokládat, že vedle slíbených pozitiv přinese EGD a její implementace řadu negativ a hrozeb.

Významně budou dotčena energeticky náročná odvětví, mezi které patří i chemický průmysl.

Celkový ekvivalent emisí CO₂ činil v roce 1990 zhruba 197202 kt. V roce 2018 činil tento ekvivalent už jen 127449 kt, což je o 35,37 % méně. K nejvýraznějšímu snížení emisí CO₂ ekv mezi průmyslovými sektory došlo mezi lety 1990 a 2018 v chemickém průmyslu, a to o 30,46 %.

Chemický průmysl měl velký prostor pro zlepšení od roku 1990. Řada technologií a výrobních procesů, které nebyly zaměřené na ekologičnost, byly nahrazeny moderními technologiemi, nebo přesídleny do zahraničí mimo země EU. Zopakovat podobný výkon v následujících desetiletích nebude zdaleka tak jednoduché. Další snižování emisí, byť jen o procentní body, bude spojeno s vysokými náklady, nebo přesunem tohoto odvětví do zahraničí.

Směrnice Evropského parlamentu RED II o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů stanovuje dosáhnout v roce 2030 cílový podíl obnovitelné energie (OZE) na konečné spotřebě energie ve výši minimálně 14 %. Dalším podstatným požadavkem 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 %. Současně se do r. 2030 v ČR předpokládá významný nárůst elektromobility, vodíkového pohonu i využití plyných paliv v dopravě. To ovšem klade značné nároky na kapacitu a ekonomiku výroby pohonných hmot a energií na bázi OZE, nebo jejich dovozů a rovněž budování potřebné infrastruktury pro jejich skladování a distribuci ke konečným spotřebitelům

Základním předpokladem pro realizaci revolučních změn požadovaných EGD, přechodem na nízkouhlíkatou ekonomiku, elektrifikaci řady odvětví včetně chemického průmyslu a topení, je mít dostatečné zdroje levné elektřiny z obnovitelných zdrojů. Současná situace však je zcela jiná, na výrobu OZE jsou nutné četné dotace. Více než polovinu nákladů na podporované zdroje, 27 miliard Kč/rok, hradí státní rozpočet. Zbývající část pokrývají zákazníci. Na přelomu 30. a 40. let bude také konec životnosti starých Dukovan i současných fotovoltaik a větrných zdrojů, v roce 2038 pravděpodobně dojde k zastavení těžby uhlí pro účely velkokapacitní výroby elektrické energie a tepla.

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). Splnění takových ambiciózních cílů však vyžaduje nejenom výrazně zvýšit energetickou účinnost stávajících provozů a zařízení a zvýšení účinnosti výrobních procesů (např. 20-50% snížení spotřeby energie v průmyslových procesech, s čímž souvisí i opatření pro efektivní získávání tepla a elektrické energie v průmyslových podnicích, např. formou přechodu od velkých kondenzačních, nebo protitlakých tepláren k menším výtopnám), ale také realizovat řadu technologických a výrobných inovací, modernizaci rafinersko-petrochemického komplexu, rozvoj ekonomicky schůdné výroby nízkouhlíkatého vodíku a řadu dalších inovací.

Vyrábět ze slunečního záření energii za srovnatelné náklady s konvenčními elektrárnami je jeden ze základních požadavků budoucího vývoje. Nové pokročilé materiály a procesy z chemického průmyslu mohou významně přispět k naplnění tohoto velmi ambiciózního cíle. Vodík má silný potenciál překlenout některé z problémů, jako vektor pro skladování obnovitelné energie, zajištění záloh pro sezónní variace a propojení výrobních míst se vzdálenějšími středisky poptávky.

Nemalé očekávání jsou od dalšího rozvoje moderních biotechnologií, zejména ve využívání druhotných surovin a některých odpadů, ale také jako dalšího zdroje OZE.

Nelze však vyloučit, že zejména v přechodovém období mohou vzniknout problémy s ekonomickou efektivností některých výrob z nových obnovitelných zdrojů ve srovnání s výrobou z klasických fosilních zdrojů (např. při výrobě obnovitelného vodíku).

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.

Vývoj příští generace technologií a materiálů bude mít zásadní význam pro budoucí udržitelnost nejen českého chemického průmyslu, ale celé národní ekonomiky.

Hlavní aspekty této strategie:

- Obnovitelný vodík (vodíková strategie)
- Zvýšená energetická účinnost procesních technologií s využitím digitalizace
- Elektrifikace procesů výroby chemikálií s použitím obnovitelných zdrojů energie
- Biotechnologie jako zdroj surovin náhradou za ubývající fosilní surovinu
- Recyklace a zpracování druhotných surovin a odpadů
- Modernizace rafinersko-petrochemického komplexu
- Energeticky účinné hospodaření s vodou
- Průmyslová symbióza prostřednictvím lepšího zhodnocení energie
- Digitalizace (investice do tzv. Třetí platformy IT, internet věcí – IoT)
- Alternativní obchodní modely
- Změna struktury zaměstnanců

Základní výzvy pro výzkum a vývoj technologických inovací:

- vývoj pokročilých materiálů a technologie pro udržitelnou výrobu, pro obnovitelné zdroje energie
- vývoj komerčních technologií pro zhodnocení průmyslových spalín (např. využití CO₂ pro výrobu obnovitelných surovin pro výrobu plastů a dalších chemikálií)

- procesy pro optimální zhodnocení odpadů, recyklovaných materiálů po skončení jejich životnosti na druhotné suroviny
- průmyslové ekonomicky akceptovatelné procesy přípravy obnovitelného vodíku
- pokročilé katalyzátory pro intenzifikaci procesů, biotechnologie a petrochemii
- nové procesy pro optimální integrované vodní hospodářství

Ekonomický růst ve všech moderních společnostech je vždy velmi úzce spjat s pokrokem v chemii a s rozvojem chemického průmyslu. Nejnáléhavější problémy lidstva vyžadují nová řešení a mnohé z nich mohou být realizovány pouze s pomocí nových materiálů a látek, jež zabezpečuje právě chemický průmysl.

V kontrastu s vnímáním veřejnosti MSP představují významný podíl v chemickém průmyslu EU: 96 % všech chemických společností má totiž méně než 250 zaměstnanců a vytvářejí cca 30 % z celkových tržeb a z 37 % se podílejí na celkové zaměstnanosti v tomto odvětví. Mají významný podíl na transferu inovací generovaných u „upstream“ společností (na začátku hodnotového řetězce) v chemickém hodnotovém řetězci pro následná uživatelská odvětví. Jako producenti specialit jsou MSP často zákazníky větších výrobních jednotek v sektoru, spíše než jejich dodavateli

Je evidentní, že všechny otevřené problémy uvedené v CM nebudou úspěšně vyřešeny VaVaI ČR. SusChem Cz bude sledovat pokrok v dalších zemích EU, zejména ve spolupráci s ETP SusChem a bude přispívat k využití nové politiky EU v oblasti transferu výsledků výzkumu hrazeného z prostředků EU. Podobný princip by mohl být uplatněn i u výsledků vývoje hrazeného ze státního rozpočtu v rámci ČR.

3 Strategie výzkumu a inovací

3.1 Přehled průmyslových potřeb a souvisejících výzev v oblasti výzkumu a inovací, které jdou nad rámec současného stavu techniky

Současné globální problémy lidstva (klimatická změna, nárůst počtu obyvatel, hrozící globální nedostatek vody a dalších ohrožených surovin) iniciují vývoj v řadě oblastí. Zvyšující se nároky na přesnost výroby, jakost, výrobní výkon, produktivitu, spolehlivost, snižování materiálové a energetické náročnosti, širší využívání odpadních surovin a recyklace, ekologizace výroby, rostoucí tlak na využívání obnovitelných zdrojů energie, tlak na snižování negativních dopadů na životní prostředí, decentralizace energetické sítě.

To vše jsou hybné síly dalšího rozvoje, motivace pro výzkum, ale zejména pro realizaci nejmodernějších poznatků vědy v průmyslové praxi. Bezesporu imperativem budoucího vývoje je postupná náhrada primárních fosilních surovin.

Díky své funkci v celé ekonomice má chemický průmysl klíčovou roli, neboť formuje ekonomické aktivity v dalších sektorech. Je nenahraditelným dodavatelem inovací pro následná odvětví zpracovatelského průmyslu a hlavní složkou hodnotového řetězce, který končí převážně u spotřebních výrobků. Toto odvětví bude mít vždy strategickou, ekonomickou a společenskou důležitost. ČR si musí zachovat silnou výrobní základnu v chemickém sektoru, nejen kvůli jeho ekonomické váze, ale i pro jeho schopnost průběžně generovat inovace v zájmu plnění výzev moderní společnosti. Jsou nutné rostoucí a cílené investice, které by přinesly nezbytný pokrok v inovaci chemických produktů a procesů.

Byly identifikovány zásadní oblasti:

- Průmyslové („bílé“) technologie-aplikace biotechnologie při zpracování a výrobě chemických látek, materiálů a energií. Významná role při zajišťování biomasy jako alternativní suroviny vůči fosilním zdrojům a při snižování závislosti na dovozech.
- 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.

- Pokročilé procesy a zařízení – v příštích dvaceti letech tyto postupy zaznamenají významné změny díky progresivnímu návrhu syntetických postupů samotných, mikro procesních technologií, integrace a intenzifikace procesů kombinovaných s novými katalytickými koncepty a technologiemi „in silico“.
- Významně přispět k ochraně životního prostředí a udržitelnost zemědělské výroby v ČR

Vývoj pokročilých materiálů s vlastnostmi připravovanými na míru, nanotechnologií, biotechnologií, pokročilých procesů a aparátů spolu s pokročilými katalyzátory jsou základní cestou chemického průmyslu k řešení globálních problémů lidstva a naplnění výše uvedených výzev EU. Dosavadní poznatky naznačují několik teoretických cest k řešení současných problémů, je však otázkou času, zda se aplikační výzkum dokáže vyrovnat s těmito problémy a která varianta nakonec bude průmyslově schůdná. Navíc situaci značně komplikuje současná světová ekonomická krize, vyvolaná pandemií Covidu-19, která kriticky narušila dosavadní relativně příznivý vývoj české a evropské ekonomiky a narušila produktové řetězce. Spolu s dopady EGD, Brexitu a dalších může mít zásadní dopady do udržitelnosti chemického průmyslu v EU a v ČR. Současně řešení pandemie zdůraznilo potřeba zabezpečit určitou míru soběstačnosti ve výrobě strategických materiálů pro zdravotnictví a další odvětví např. pro případ různých pandemií, přírodních katastrof, obrany a bezpečnosti.

Pro docílení požadovaného snížení dopadů na životní prostředí, udržení vysoce kvalitního zpracovatelského průmyslu a pracovních míst v ČR, bude nezbytný systémový přístup.

Chemický průmysl musí rozvíjet daleko účinnější dialog se společností, založený na vzájemném pochopení a důvěře. Naslouchání a pochopení je důležité pro efektivní oboustrannou komunikaci. Je proto nezbytné rozvíjet důvěru potřebnou pro podporu inovací přátelských životnímu prostředí a dosáhnout, aby fungovala. Inovace si vyžadují důvěru investorů, zákazníků, zaměstnanců a spotřebitelů v udržitelnost a bezpečnost výrobků a procesů. Vhodné rizikové řízení, komunikace a spolupráce napomáhají v udržování důvěry.

Závěrečná poznámka se týká výběru priorit, které jsou identifikovány zejména v části o vizi budoucí výroby vektorů energie a chemikálií. Při přechodu na novou ekonomiku vždy existují kontrastní představy mezi těmi, kdo věří ve změnu, a těmi, kteří tomu nevěří. Konkrétním příkladem je role CO₂ v budoucích scénářích – snižování CO₂ bude klíčovým prvkem, lze jej však v budoucnu také považovat za surovinu. CO₂, biomasa a obnovitelná energie jsou tedy tři vzájemně propojené elementy, které postupně nahrazují ropu (fosilní paliva) s cílem 30% náhrady do roku 2030. V této otázce neexistuje shoda a různí odborníci považují tuto substituci za neproveditelnou a ekonomicky neschůdnou.

Státy se kvůli dopadům pandemie významně zadlužují a také implementace EGD a Průmysl 4.0 si vyžádají extrémní výdaje. Spolu s požadavky na modernizaci postupně zastarávajících současných výrobních procesů bude velká potřeba finančních zdrojů na realizaci do jisté míry rizikových investic do nových procesů a výrob, zavádění dalších opatření s Průmyslem 4.0, nových ekologických limitů a udržení zaměstnanosti. Zjevně se nevyhneme situaci, že některé chemické výroby budou v ČR, potažmo v EU, zastaveny. Pak však musíme řešit zabezpečení takových chemikálií, které jsou pro EU nenahraditelné pro život společnosti, zdraví obyvatel a bezpečnost.

Vývoj technologií nové generace bude zásadní. Budoucnost průmyslové výroby významně ovlivňují rozvoj informačních technologií a zavádění pokročilých průmyslových robotů, internet věcí a aditivní výroba. Rozdíl mezi pokročilým a tradičním průmyslovým robotem je ve schopnosti autonomně zpracovávat informace ze svého okolí a používat je pro rozhodování. Díky ní jsou tyto roboty mnohem flexibilnější a dokážou plnit úkoly, které jdou za hranici možností tradičních robotů. Pokročilé roboty samy vytvářejí velké množství dat, které zpracovávají centrální firemní informační systémy pro potřeby optimalizace výrobních procesů. Internet věcí je nedílnou součástí digitalizace výroby a celé firmy. Instalací a napojením vzájemně propojených senzorů výrobního procesu na software, který je schopen jejich informace zpracovat, se vytváří jak fyzický systém výroby, tak jeho digitální, kybernetická podoba.

Budoucí energetickou bilanci ČR zásadně ovlivní postupné utlumování těžby uhlí, a to výrazně zvyšuje naléhavost řešení zefektivnění využití sluneční energie k výrobě elektřiny, při němž sehraji pokročilé výrobky a procesy vyvíjené v rámci VaV chemie zásadní roli.

Strategické cíle výzkumu a inovací, včetně návrhů opatření k jejich realizaci, které jsou obsahem CM, vycházejí z klíčových megatrendů.

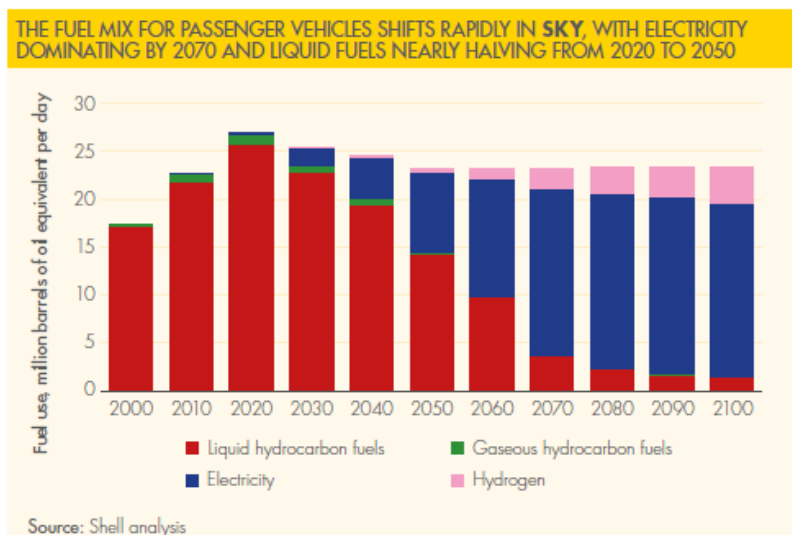
3.2 Hlavní subdomény a související prioritní oblasti

3.2.1 Zpracování ropy, petrochemie

Další rozvoj rafinérského průmyslu (tedy výroba motorových paliv) ve světě i u nás nebude ovlivňován omezováním dostupnosti surovin, nýbrž postupně silícími tržními tendencemi i legislativním prostředím spojeným s omezováním tzv. uhlíkové stopy. Evropské petrochemické firmy s různým akcentem a prioritami uvádějí jako nezbytná pro příští dekády svého rozvoje tyto základní předpoklady:

- Hlavní hnací silou sektoru chemie pro dopravu je v současnosti a v budoucnu stále s vyšším důrazem bude snižování dopadů na životní prostředí, zlepšování technologií a úspory produkce CO₂,
- v příštích 20 letech bude nárůst dodávek energie nadále kryt uhlíkovými surovinami, ovšem půjde přednostně o zemní plyn a obnovitelné zdroje. V roce 2030 se předpokládá, že 6 až 7 % světové spotřeby energií bude kryto obnovitelnými zdroji,
- kapalná paliva zůstanou v dopravě dominantní, ovšem ve spojení s dostupnými i nejnovějšími technologiemi pro redukci CO₂ v kombinaci s vysokoúčinnými motory (včetně hybridních) a využíváním biopaliv s vysokým stupněm udržitelnosti,
- v oblasti vyspělejších biopaliv bude výzkum zaměřen na optimalizaci trojúhelníku: udržitelnost / ekonomická přijatelnost / dostupnost. To bude v každém teritoriu (i zemi) odlišné.

Pravděpodobný vývoj v této oblasti naznačuje obrázek č. 6 pocházející z rozsáhlé studie firmy Shell z roku 2018, kterou lze z hlediska roku 2020 pokládat již za konzervativní.



Zjednodušeně řečeno, rafinérsko-petrochemický obor bude nucen v Evropě, a tedy i u nás, 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 roli rafinérsko-petrochemického sektoru při řešení problematiky zachytu a využití CO₂

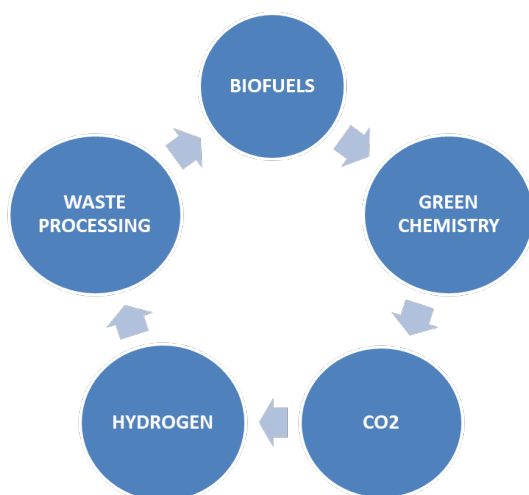
V dalším textu je naznačeno, jak se tyto neodvratné výzvy promítnou do technologického řízení rafinérsko-petrochemického sektoru a jaké jsou doporučené směry pro výzkumnou a vývojovou sféru v ČR.

3.2.1.1 Reakce rafinérsko-petrochemického sektoru na potenciální nástup neuhlovodíkové mobility – trendy ve výrobě paliv

Rafinérský a petrochemický průmysl transformuje energetické suroviny do velmi kvalifikovaných produktů, které zásadním způsobem přispívají k mobilitě (motorová paliva) a zvyšování životní úrovně obyvatel (suroviny pro petrochemický průmysl). Tvoří významný článek logistického toku energie z ložisek ke spotřebitelům.

Stále převládají a pravděpodobně ještě delší dobu budou převládat dva základní druhy motorových paliv – automobilový benzin a motorová nafta. Ve srovnání se vznětovými (naftovými) vykazují zážehové (benzinové) motory horší ekonomiku, ale přinášejí řadu výhod zejména v dynamice jízdy a operabilitě provozu při velmi nízkých teplotách v zimních obdobích. Vedle toho se stále častěji objevují i motory spalující tzv. alternativní paliva jako LPG, zemní plyn, biopalivo atd., nebo různé varianty motorů poháněných elektrickým proudem.

Přestože rafinérský a petrochemický průmysl nebude v nejbližší době pravděpodobně nahrazen jiným řešením, dlouhodobá vyčerpatelnost zásob ropy a zemního plynu klade trvale nároky na chemické a inženýrské vědy v oblasti udržitelné oběhové ekonomiky a efektivního využívání surovin ve svých vlastních procesech a ve spolupráci s dalšími průmyslovými subjekty. Budou tak řešeny následující klíčové příspěvky k ekologizaci oboru: obrázek č. 7



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.

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-celulózová 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.

V oblasti zlepšení účinnosti výrobních procesů je cílem maximalizovat využití všech zdrojů, které vstupují do systému, včetně primárních a sekundárních surovin, vody a energie prostřednictvím zlepšení účinnosti procesu zpracování ropných frakcí (např. zlepšené katalyzátory včetně biokatalyzátorů, zintenzivnění procesů, IT a modelování), uzavírání recyklace zdrojů na výrobních místech, zvýšení účinnosti zdrojů a energie mezi různými výrobními místy / sektory prostřednictvím průmyslové symbiózy.

Přestože nedostatek ropy v nejbližších letech bezprostředně nehrozí, lze očekávat, že na trhu se bude zvyšovat podíl rop s větším obsahem těžkých frakcí, síry a dalších nečistot. Současně lze očekávat, že část klasické ropy bude postupně nahrazena syntetickou ropou vyrobenou petrochemicky Fischer-Tropschovou syntézou, nejprve především na bázi zemního plynu (technologie GTL) a poté pravděpodobně též uhlí (CTL). Odhaduje se, že realizace technologie GTL bude ekonomicky ekvivalentní objevu několika desítek miliard tun nové ropy. Projekty tak umožní využívat zemní plyn jako surovinu v rafinérsko-petrochemickém průmyslu ve významně větší míře, než tomu bylo dosud.

Z hlediska rozvoje rafinérských a petrochemických technologií jsou za perspektivní rafinérské technologie považovány především hydro-krakování a hydrogenační rafinace. Tyto technologie naleznou uplatnění jak v nových, tak i modernizovaných rafineriích. Využity budou pro hydrogenační konverzi ropných zbytků, výrobu „bez-sírných“ motorových paliv a v neposlední řadě i pro konverzi biomasy na komponenty do motorových paliv, resp. pro její společné zpracování („coprocessing“) s ropnými frakcemi na motorová paliva. 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 elektrolyzou.

Jelikož rafinérský a petrochemický průmysl negativně ovlivňuje životní prostředí, bude posilována snaha rozvíjet aktivity a technologie, které tyto negativní dopady zmírní. Z hlediska dopadů využívání rafinérských a petrochemických produktů na životní prostředí je nejvýznamnějším opatřením omezení emisí z nově vyráběných automobilů, tj. zejména snížení spotřeby. V nedávné minulosti byl zaveden v celém systému zpracování a distribuce motorových paliv systém rekuperace uhlovodíkových par. Budou se zdokonalovat i metody prevence a včasné identifikace úniků uhlovodíku z dopravních systémů. Z hlediska rafinerií bude klíčový především další vývoj zvyšování kvality motorových paliv, hlavně automobilového benzínu a motorové nafty.

Základními motorovými palivy budou tedy i do budoucna jako základní typ používány směsi ropných uhlovodíků – automobilový benzin a motorová nafta. Odtud budou plynout též nároky na rafinérie, které s využitím vlastního (nebo přebíraného) výzkumu budou zavádět pro udržení konkurenceschopnosti tyto technologické změny:

- Postupné zavádění výroby produktů a používaných surovin na bázi bio-komponent při společném zpracování s ropou, resp. fosilními surovinami. Toto uspořádání se označuje jako koprocessing. (Pozn.: Tuto situaci lze srovnat se situací let 1945 až 1962, kdy se základní rafinérská výroba čistě na bázi uhlí postupně krok za krokem transformovala na čistě ropu zpracovávající),
- snižování emisí CO₂ spojené s technologiemi pro separaci a záchyt oxidu uhličitého a jeho využití jako doplňkové suroviny do stávajících procesů,
- nové katalyzátory umožňující provozování rafinérských procesů při nižších teplotách, tlacích s vyšší konverzí a selektivitou,
- Intenzifikace procesů produkujících vodík s využitím elektrické energie vyráběné z obnovitelných zdrojů,
- náhrada fosilních paliv při výrobě procesního tepla za OZE.

3.2.1.2 Reakce rafinérsko-petrochemického sektoru na potenciální nástup neuhlovodíkové mobility – nárůst petrochemických výrob

Průmysloví hráči (podniky, investiční a finanční instituce) se trvale orientují na rozvoj takových průmyslových sektorů, které přinášejí možnost růstu a generují produkty s vysokou přidanou hodnotou. Jedním z možných a dnes preferovaných přístupů je princip od ropy omezeně k palivům a více k dražším produktům – petrochemikáliím a z nich vyráběným polymerům. To si jistě vyžádá realizovat významné průmyslové změny např. v oblasti energetiky, vodíkové bilance nebo ve zpracování ropných zbytků. Producenti přitom budou stále více dbát na minimalizaci spotřebované energie a vyprodukovaných plynných emisí.

Tradiční produkční rafinérský mix generuje vedle paliv cca 20 % hmot. ropných zbytků. Lehké produkty jsou typicky konvertovány na chemikálie – obvykle v množství 5 až 20 % v závislosti na lokálně zavedené olefinové a aromátové chemii. Vývoj se zdá být takový, že se tento poměr změní až na pouhých 50 % do paliv, poroste konverze na olefiny a aromáty a z nich syntetizované polymerní hmoty. Chemické využití ropy tak stoupne až na 50 %. To si ovšem opět vyžádá nové procesy a katalyzátory.

Pro tuzemský rafinérsko-petrochemický sektor, který se ostatně uvedenými oblastmi dlouhodobě zabývá, je nutná akcelerace výzkumu a vývoje v tomto směru. Vzhledem k uvedeným skutečnostem je nanejvýš nutné se v těchto oblastech aplikovaného výzkumu dále profilovat, a to zejména ve vysokých stupních na ordinátě TRL (Technology Readiness Level). Lze preferovat tyto aktivity:

- Orientace výzkumu na rozhraní mezi rafinérií a petrochemií – posílení výroby petrochemikálií včetně aromátů,
- kromě ropy pokračovat v diverzifikaci surovinových zdrojů,
- dále intenzifikovat a ekologizovat procesy pro konverzi těžkých zbytků (HC, FCC, VISBREAKING)
- kontinuálně zlepšovat katalyzátory a katalytické procesy ve výrobě paliv,
- rozvíjet proces POX – obecně se orientovat na optimalizaci zplyňování ropných zbytků.

K tomu lze uvést podrobněji:

Podle IEA je již petrochemie významnou složkou globálního energetického systému, přičemž její význam nadále pokračuje a bude i do budoucna růst. Poptávka po plastech, jakožto finálních produktů základní petrochemie, již předběhla ostatní produktové skupiny, jako je ocel, hliník nebo cement, a od roku 2000 se k dnešku více jak zdvojnásobila. Tento růst bude trvat i nadále, neboť negativní dopad na životní prostředí je u výroby plastů nižší než u produkce skla, papíru a kovů, které plasty nahrazují. Chemické výrobky typu účinných izolačních hmot, moderních syntetických textilií nebo detergentů pro nízké teploty se budou podílet stále více na energetických úsporách a snižování produkce oxidu uhličitého. Ropný sektor se bude stále více spoléhat na petrochemické výroby s postupným poklesem vlastní palivářské výroby. Integrace rafinérského a petrochemického sektoru přináší do budoucna celou řadu výhod:

- Expanze na trhy s vyšším růstem s diverzifikací portfolia a budoucím podnikáním v mnohem flexibilnější oblasti, než jsou základní rafinérské výroby,
- zmírnění rizik spojených s dostupností surovin a kolísáním cen výrobků,
- dosažení vyššího stupně „chemické“ intenzity transformací ropy na vyspělé produkty s vysokou přidanou hodnotou,
- optimalizace celkového technologického schématu spočívající v dokonalém využití tepla a surovin včetně využití meziproduktů.

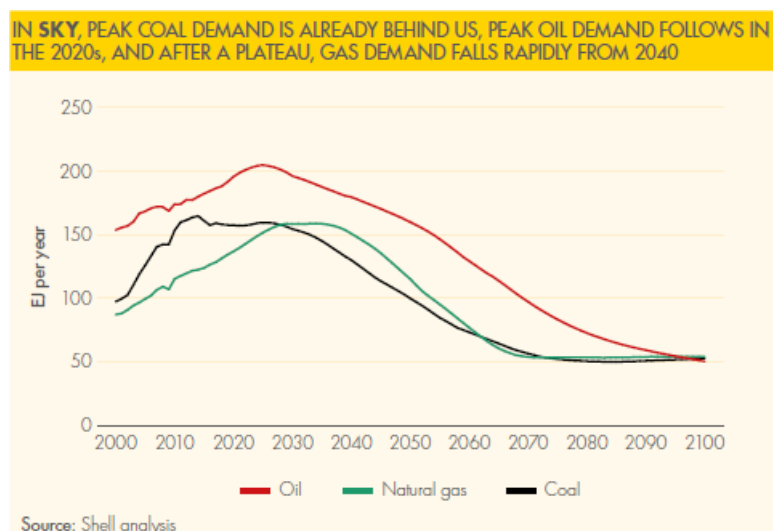
Trend odvětví dopravy směřující k elektrifikaci v dopravě přinese důležité pozitivní změny klimatu a bude zásadním přínosem pro kvalitu ovzduší. Pro rafinérské a energetické společnosti pak tento trend představuje zásadní strategické výzvy. Ty budou řešeny zásadní diverzifikací surovinových a energetických zdrojů a budou se kromě tradičních surovin orientovat na obnovitelné zdroje včetně odpadů, solární energii, větrné farmy, biopaliva, a to s vědomím postupně rostoucí společenské akceptace elektrické mobility. Tyto změny se budou týkat i rafinérského průmyslu. Mějme v úvahu, že

cca 50 % rafinérské produkce je přímo ve formě motorových paliv, takže jakýkoli posun směrem k elektrifikaci dopravy bude mít zásadní vliv na poptávku po dieselu i automobilovému benzínu. Na druhé straně i přes vstup elektrických pohonů se nadále předpokládá, že poroste počet vozidel a stále zůstane jejich podstatná část na bázi spalování uhlíkových surovin. IEA (International Energy Agency) dokonce předpokládá, že k roku 2040 bude v provozu téměř 2 miliardy vozidel, z nichž pouze 7,5 % bude elektrických. A navíc zbývá segment letecké, lodní a těžké silniční dopravy, kde se s uhlovodíkovými palivy počítá nadále jako s hlavním energetickým zdrojem.

Zejména je snaha dosáhnout co nejvyššího zhodnocení nízko hodnotných ropných zbytků. Jako příklad lze doložit tuto reorientaci rafinérií na dvou klíčových procesech – fluidním katalytickým krakováním a konverzi zbytků postupem H-oil. Pokud se týká jednotek FCC, budou do budoucna modifikovány tak, aby byly významnými producenty lehkých složek – olefinů a lehkého benzínu. Přímá produkce propylenu z procesu FCC činí dnes již téměř třetinu z celkové výroby (zbytek tvoří převážně pyrolýza a částečně těž procesy PDH – dehydrogenace propanu). Jednotky FCC upravují své procesní podmínky a používají „olefin selektivní“ katalyzátory, čím se stávají do budoucna významnými producenty petrochemikálií. V procesech konverze ropných zbytků se do budoucna bude klást důraz na výtěžek lehkých benzinů. Lehký benzin totiž představuje základní petrochemickou surovinu – lehčí část benzínu je velmi výhodnou surovinou pro ethylenové pyrolýzní jednotky, zatímco těžší část benzínu je nejvýhodnější surovinou pro aromatické komplexy. Značný počet plánovaných projektů v oblasti transformace rafinérií na rafinérsko-petrochemické komplexy je založena na technologiích typu H-oil vybavených reaktory s vroucím ložem katalyzátoru. Hlavním cílem těchto postupů je konvertovat těžké nástríky s vyšším obsahem kovů, síry a dusíku na lehčí destiláty a využití flexibility procesu pro požadovaný výtěžek benzínu, popř. plynového oleje.

3.2.1.3 Význam zemního plynu pro rafinérsko-petrochemický komplex

Zemní plyn, a to jak dopravovaný plynovody, tak jako zkapalněný LNG, bude hrát důležitou úlohu při vytěsnění uhlí při výrobě energie a též jako záloha v případě výrob energie z obnovitelných zdrojů (větrné a solární). To bude klíčové pro tuzemský rafinérsko-petrochemický sektor a pro jeho energetickou spotřebu. Později, tak jak se bude rozšiřovat solární energetika, zaznamená též zemní plyn útlumové období. Jako fosilní palivo bude podléhat emisní penalizaci, a tak jeho vrcholová poptávka bude kolem 2040, poté bude jeho spotřeba klesat (viz následující obrázek č 8).

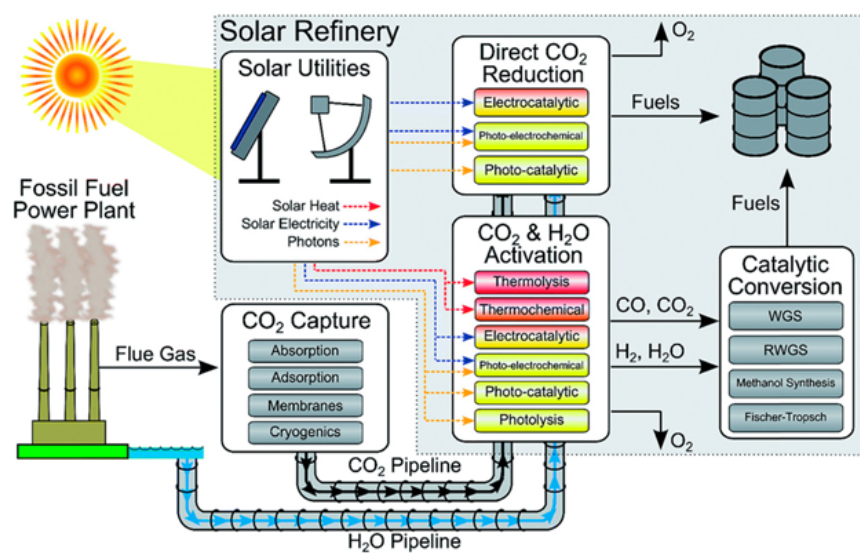


3.2.1.4 Reakce rafinérsko-petrochemického sektoru na emisní problematiku – role vodíku

Vodíkový pohon nabízí více komfortu a užitku než bateriový pohon. Vodíkový pohon v automobilu umožňuje menší a lehčí konstrukci a možnost delších dojezdů. Namísto baterie je vybaveno palivovou nádrží s vodíkem nebo jiným palivem bohatým na vodík. Souprava palivových článků umožňuje průběh chemické reakce, při které se vyrábí elektřina a vzniká vodní pára. Jedná se o zařízení skladnější a lehčí, než jsou baterie.

Doposud je hlavním producentem vodíku rafinérsko-petrochemický sektor (vodík je vedlejší produkt v rafinérských procesech např. reformování nebo při výrobě ethylenu vysokoteplotní pyrolýzou), účelová výroba vodíku se u nás děje především parciální oxidací (zplyňováním) primárních ropných zbytků nebo zbytkových frakcí ze štěpných procesů (visbreaking).

Tzv. vodíkovou ekonomiku (včetně využití vodíku v procesech CCSU), a tedy výzkumné směry v oblasti vodíku lze načrtnout pomocí obrázku č. 9:



Nedávno uveřejněná „vodíková strategie“ EU zpřesňuje využívání vodíku jako prostředku pro dekarbonizaci průmyslu, dopravy či energetiky. Bezemisní či nízkoemisní vodík již nemusí být vyroben pouze elektrolýzou vody za využití obnovitelných zdrojů energie, ale lze jej vyrobit také například parním reformováním bioplynu nebo jako vedlejší produkt při dalších chemických výrobcích. Zároveň se s pokračujícím vývojem technologií rozšiřují též možnosti uplatnění takto vyrobeného vodíku v rafinérsko-petrochemických kombinátech. Vodík není nutné primárně využívat v dopravě jako zdroj energie pro vozidla s palivovými články, ale nachází své uplatnění též v chemickém průmyslu např. při výrobě plastů či klasických vysoce rafinovaných (odstranění síry, aromátů, alkenů atd.) kapalných paliv. Z tohoto důvodu je velmi žádoucí rozšiřování know-how a vytváření metodiky v oblasti výroby obnovitelného vodíku a s tím i spojená realizace nových výrobních závodů za využití technologií umožňujících průmyslovou výrobu nízkoemisního vodíku v konkrétních lokalitách regionů odklánějících se od těžby uhlí nebo regionů s koncentrací chemického průmyslu s výraznou emisní stopou. Pro tuzemský výzkum lze doporučit intenzivněji se věnovat těmto tématům:

- Záchyt a čištění vodíku + spolupráce v oblasti membránových separací malých molekul
- konverze a reverzní konverze synplynu,
- syntéza methanolu ze zeleného vodíku a směsi CO/CO₂,

- Fischerova a Tropschova syntéza včetně zpracování produktů na čistá paliva a petrochemikálie.

3.2.1.5 Reakce rafinérsko-petrochemického sektoru na nízkoemisní režim – omezování emisí oxidu uhličitého

Dnes se oxid uhličitý stal synonymem pro globální oteplování a celosvětově se stal i hlavním výzkumným tématem jeho smysluplné a efektivní transformace. CO₂ vzniká především při spalování fosilních paliv. Celosvětová Pařížská konference poprvé dosáhla celosvětové dohody o snižování dopadů klimatických změn a stala se závaznou 4. 11. 2016. Ratifikace v ČR nastala 5. října, samotná Dohoda pro Českou republiku vstoupila v platnost 4. listopadu 2017. Účelem dohody je mimo jiné „sladění finančních toků s rozvojem nízko emisních technologií.“ Pod tím se rozumí financování výzkumu zaměřeného na transformaci CO₂ a rozvoj nízkouhlíkových technologií všeobecně. Pařížská dohoda je tak silným signálem pro vědu a výzkum. Jelikož Dohoda stanovuje, i výhledově, dlouhodobou záruku atraktivity „likvidace“ CO₂, stala se silným impulsem rozvoje výzkumu problematiky konverze CO₂.

Chemické syntézy ovšem nejsou zdaleka tak jednoduché, zkoumá se řada konverzních cest využití CO₂ jako uhlíkové suroviny. Pro tuzemský výzkum lze doporučit intenzivněji se věnovat těmto tématům:

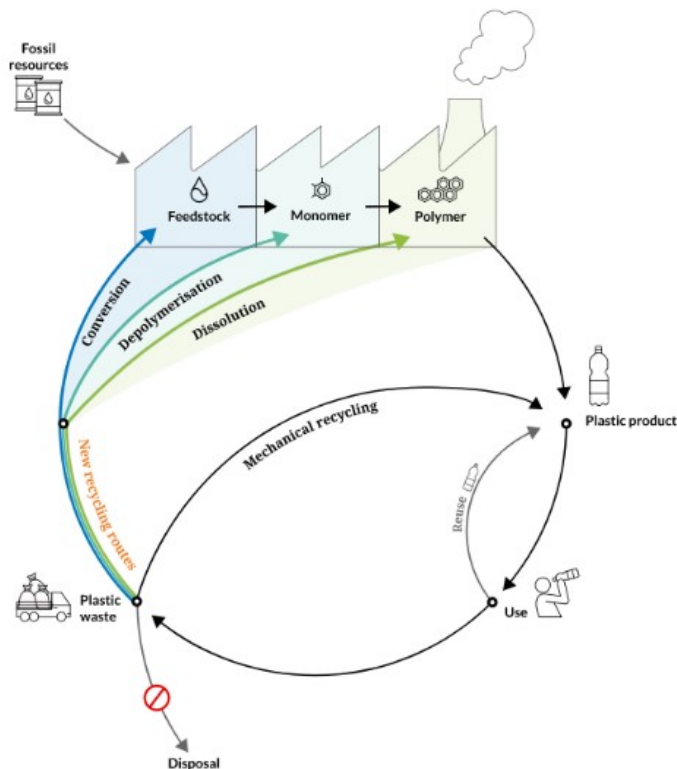
- Vývoj separačních technologií na zdrojích CO₂,
- výroba zeleného metanu methanizací CO₂,
- obdobně výroba zeleného metanolu z CO₂,
- výroba etanolu s využitím CO₂ (homologací metanolu).

3.2.1.6 Průnik cirkulární ekonomiky do rafinérsko-petrochemického komplexu

EU přijímá cirkulární ekonomiku jako zásadní pilíř dalšího rozvoje. V EU byl přijat tzv. EU Circular Action Plan – během roku 2018 byly přijaty další klíčové dokumenty. Cílem je urychlení přechodu Evropy na cirkulární ekonomiku. Vytvořená aliance – Circular Plastics Alliance – se zaměří na zlepšení ekonomiky a kvality recyklace plastů v Evropě. Aliance by měla posílit soulad mezi nabídkou a poptávkou po recyklovaných plastech, který je považován za hlavní překážku fungování trhu EU s recyklovanými plasty. Touto novou iniciativou chce Komise přispět k dosažení cíle stanoveného Evropskou strategií pro plasty. Do roku 2025 by mělo být nejméně 10 milionů tun recyklovaných plastů zapracováno do nových výrobků na trhu EU.

Pro splnění ambiciózních cílů EU v oblasti recyklace plastů je nezbytné kromě mechanické recyklace odpadních plastů uplatnit také materiálovou chemickou recyklaci plastů. Tuto chemickou recyklaci lze chápat jako proces zaměřený na přeměnu plastového odpadu (a případně dalšího polymerního nebo uhlíkaté sloučeniny obsahujícího odpadu) na chemikálie, ve kterém se chemická struktura polymeru přeměňuje na chemické látky včetně monomerů, které se následně znovu používají jako surovina v chemických procesech s tím, že tato recyklace zahrnuje procesy, jako je zplyňování, pyrolýza, solvolýza a depolymerace, které štěpí plastový odpad na chemické látky včetně monomerů pro výrobu plastů.

Možnostmi uplatnění chemické recyklace se mj. zabývá Issue Team for Chemical Recycling Cefic. Na jeho webových stránkách na webové adrese <https://cefic.org/a-solution-provider-for-sustainability/chemical-recycling-making-plastics-circular/> jsou mj. přehledně znázorněny alternativy materiálové recyklace plastů, patrné na následujícím obrázku č. 10.



Na webových stránkách Cefic¹³ jsou mj. také zdůrazněny přednosti chemické recyklace:

- Dává hodnotu jinak nepoužitelnému plastovému odpadu.
- Umožňuje odstranění problematických aditiv a kontaminace.
- Umožňuje vyrábět plasty stejné kvality jako z původních surovin.

K rozšíření a plnému zavedení chemické recyklace je nutné

- Zajistit pro chemickou recyklaci rovnoprávné podmínky zejména ve vztahu k legislativě a podmínkám podpory.
- Zintenzivnit spolupráci a partnerství na podporu inovací a investic včetně zajištění podpory pro výzkum, vývoj a inovace a vytvoření partnerství a závazků v hodnotovém řetězci pro rozšiřování chemické recyklace na demonstrační a komerční měřítko.
- Vyvinout jednotné standardy pro hmotové bilance.
- Hodnocení životního cyklu (LCA).
- Dále rozvíjet standardy kvality pro tříděný / před upravený plastový odpad
- Přístup k surovinám – otevřený, jednotný trh s plastovým odpadem.
- Evropský politický rámec zahrnující pravidla pro stanovení míry recyklace a recyklovaného obsahu a spolufinancování veřejného sektoru za účelem urychlení partnerství ve výzkumu a vývoji a zavádění chemické recyklace do praxe.

Výroba plastů a potenciální využití produktů jejich recyklace je především věcí rafinérsko-petrochemického sektoru. Pro výzkum a vývoj je tato „nová“ oblast zásadní příležitostí, a to jak na

¹³ Chemical Recycling – Making Plastics Circular in recycled into new products

poli mezinárodní spolupráce, tak v rámci výzkumných týmů v ČR. Pro tuzemský výzkum lze doporučit intenzivněji se věnovat těmto tématům:

- Výzkum procesů termického a termicko-katalytického rozkladu odpadních makromolekulárních látek,
- procesy zušlechťení pyrolýzních kapalin pod tlakem vodíku nebo bez využití vodíku,
- postupy zhodnocení pyrolýzních kapalin v rámci rafinérsko-petrochemického komplexu,
- výzkum zušlechťení a využití pyrolýzních zbytků.

3.2.1.7 Další postup v produkci biopaliv – dopad na rafinérie

Dále je do budoucna stanovena povinnost dodavatelů PHM k přimíchávání pokročilých biopaliv takto:

- 0,2 % v roce 2022
- 1,0 % v roce 2025
- 3,5 % v roce 2030

Rafinérie tak budou pravděpodobně některá pokročilá biopaliva vyrábět s využitím svého stávajícího zařízení, neboť půjde obvykle o procesy vysokotlaké probíhající v přítomnosti vodíku. Tyto procesy pak bude často možné provozovat v režimu tzv. koprocésingu, kdy se obnovitelné suroviny zpracují spolu s ropnou surovinou na stávajícím zařízení. Příkladem je pro náš rafinérský sektor použití stávajících hydrogenačních a hydrokrakovacích kapacit pro využití (též použitých kuchyňských) olejů (triglyceridů) jejich hydrodeoxygenací na uhlovodíky s uhlíkovým číslem C12 až C20. Takto lze odpadní suroviny konvertované na hydrogenované oleje (označení HVO), které zlepšují některé parametry základního ropného dieslovského paliva (nízký obsah síry, vyšší cetanové číslo).

3.2.1.8 Transformace tuzemského petrochemického sektoru a organických syntéz – výzvy pro výzkum a vývoj

Petrochemický sektor v České republice je obdobně jako jinde ve světě postaven na základních třech pilířích – olefinech, aromátech a vodíku. Pro výrobu těchto komodit se v ČR spotřebuje cca 2 miliony tun ropy, popř. (stále ještě) uhelných dehtů. Jen pro připomenutí a velmi zjednodušeně lze shrnout: olefiny, to je zejména etylen a propylen, se v ročním množství cca 500 kt, resp. 250 kt vyrábějí pyrolýzou lehkých ropných směsí a též procesem FCC (fluidní katalytické krakování) těžkých ropných směsí, aromáty – především nejdůležitější benzen – je vyráběn separací z produktů ethylenové pyrolýzy ropných frakcí a černouhelného dehtu. Vodík využívaný dnes pro zušlechťení paliv a syntézy (u nás především amoniaku) je, kromě toho že je důležitým rafinérským vedlejším produktem (reformování, pyrolýza), vyráběn cíleně parciální oxidací těžkých/zbytkových ropných surovin. Suroviny jsou tedy vesměs fosilní a při jejich zpracování (vysoké teploty, velké množství spotřebovávané vodní páry, hluboké chlazení, komprese) je potřeba velké množství energie spojené se značnou produkcí CO₂. Pro účely prognózy petrochemie, následných organických syntéz a v následné výrobě polymerů lze zdůraznit:

- Petrochemické výroby budou nadále založeny na uvedené trojici komodit – olefiny, aromáty, vodík,
- pro tyto výroby (jakož i další organické syntézy) budou postupně využívány obnovitelné suroviny,
- produkce oxidu uhličitého bude dále trvat, půjde ovšem o CO₂, jehož množství bude bilančně shodné s jeho spotřebou pro fotosyntézu. Petrochemie založená na obnovitelných zdrojích, tak bude emisně neutrální,
- obdobně jako chemický průmysl jako celek, bude petrochemická výroba procházet obdobím tzv. koprocésingu, 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,
- výroba základních petrochemických komodit bude propojena s pokroky v technologiích v rámci oběhového hospodářství (cirkulární ekonomiky),
- uhlíkovou surovinou pro organické syntézy bude potenciálně i produkován oxid uhličitý.

Z uvedeného sumárního pohledu na budoucnost „petrochemie“ lze učinit předpoklad, že v konečné fázi bude možné vyrábět potřebné komodity pro polymerní syntézy pouze z obnovitelných surovin. Jelikož je produkce komodit základem českého chemického průmyslu, který zabezpečuje konkurenceschopnost strojírenských výroby, stavebnictví i potravinářský sektor, je jednoznačným imperativem pro tuzemský výzkum a vývoj (jistě v rámci mezinárodní spolupráce) na procesech zelené petrochemie intenzivně pracovat. Naznačme dále některé principiální postupy, které vedou od obnovitelných surovin k olefinům, aromátům a vodíku.

3.2.1.9 Zelený etylén

K etylénu z obnovitelných surovin vede několik cest, nejnadějnějšími jsou:

- Pyrolýza hydrogenovaných rostlinných olejů,
- dehydratace bioetanolu získaného fermentačně ze škrobových nebo cukerných substrátů,
- pyrolýza produktů Fischerovy a Tropschovy syntézy vedené na výše molekulární parafíny,
- katalytická transformace biometanolu.

V první technologii je klíčovou surovinou v tuzemsku pěstovaná řepka olejná. Řepka je po pšenici ozimé druhou nejpěstovanější plodinou, pěstuje se na cca 16 % celkové osevní plochy. Roční sklizeň olejnatého řepkového semene činí u nás průměrně 1,3 mil. tun. Při možném výtěžku 45-48 % oleje lze teoretickou dispozici řepkového oleje v ČR odhadovat na úrovni cca 600 tis. tun. Je možné pracovat s úvahou, že pro petrochemické využití na etylén by bylo možné uvolnit cca 100 tis. tun oleje. S tímto množstvím lze uvažovat pro následnou katalytickou hydrodeoxygenaci vedoucí k výtěžku asi 80 tis. tun lineárních uhlovodíků C14 až C18, při jejichž pyrolýze lze získat cca 40 tis. tun etylénu.

Již dnes se v některých oblastech světa s vysokou nadvýrobou škrobových plodin vyrábí kvasný ethanol též pro účely jeho katalytické dehydratace kvasného lihu. Při použití vhodného katalyzátoru může probíhat dehydratace etanolu za nízkých teplot (200-300 °C). Dehydratace etanolu na ethylen je endotermická reakce nultého řádu. U reakce je důležitá doba kontaktu. Při velmi nízkých kontaktních časech se ethanol přednostně převádí na ethylen. Zvyšující se kontaktní doba vede ke vzniku jiných druhů látek, jako jsou CO, CO₂, CH₄ a H₂. Jistou obtíží je tedy dosti komplikovaná separace polymeračně čistého etylénu z primárního produktu katalytické dehydratace. Lze zde ovšem uvážit možnost stávající „ropné“ etylenové jednotky, která je vybavena potřebnou separační a čisticí řadou. Pokud bychom tedy v kombinaci s předchozím postupem použili bioetanol, bylo by možné z typického lihovaru s kapacitou 80 tis. tun lihu/rok získat cca 45 tis. tun etylénu, který by se dále ve stávající etylenové jednotce vhodně spojil s proudem „ropného“ etylénu. Ekonomický efekt takového využití lihu je jednoznačně vyšší, než je jeho použití v motorových palivech.

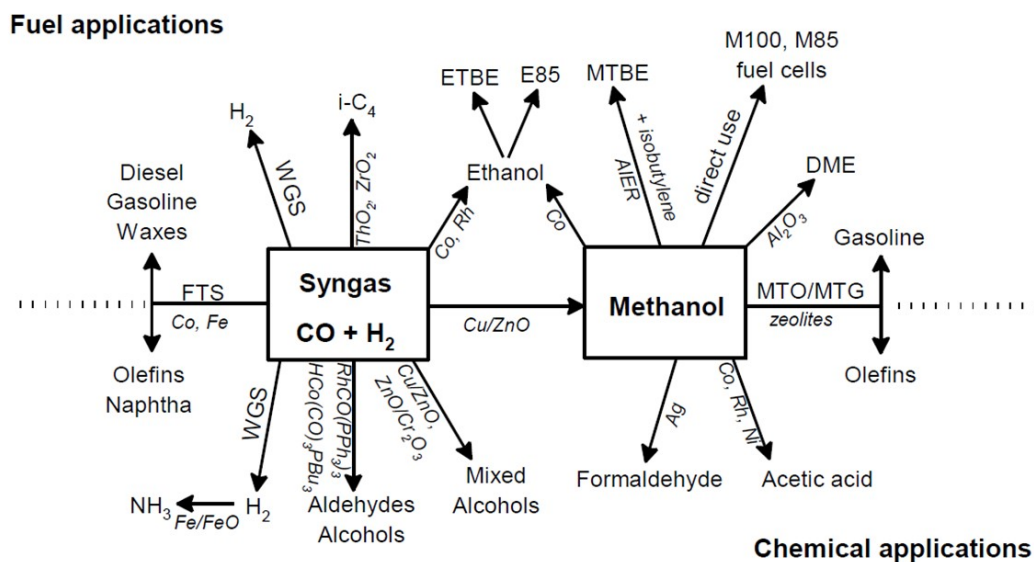
Jak již bylo několikrát v této studii uvedeno, je pro další rozvoj palivářského i petrochemického průmyslu klíčový proces objevený Fischerem a Tropschem. Tato syntéza (FTS) byla původně navržena jako nepřímé zkapalňování uhlí. Principem je zplyňování především pevných uhlíkových substrátů pomocí kyslíku na syntézni plyn, který je dále na vhodných katalyzátorech transformován na uhlovodíky. Proces je dle volby katalyzátorů (na bázi kobaltu nebo železa), dle podmínek (nízkoteplotní a vysokoteplotní FTS) a reaktorového uspořádání (trubkové reaktory, fluidní, slurry) velmi flexibilní a lze ho nastavit na produkci výševroucích lineárních uhlovodíků, které na již

dnes instalovaných etylenových jednotkách poskytují výtěžek etylénu na 40 % (srovnajme s dnes typickou hodnotou cca 30 % z ropných surovin).

Speciální roli v petrochemických, resp. organických syntézách může hrát metanol, samozřejmě získaný z obnovitelných zdrojů jako biometanol. K němu vede cesta přes již zmíněné zplyňování odpadní biomasy (dřevní štěpka, rostlinné zbytky, odpadní oleje, recykláty v rámci cirkulární ekonomiky apod.) na syntézní plyn. Ten se již dnes známými postupy katalyticky transformuje na metanol. Zvláštní role metanolu bude dále růst v souvislosti s možností pro jeho výrobu použít namísto oxidu uhelnatého odpadní oxid uhličitý. Bilance dostupné biomasy je uvedena v jiné části studie. Zde jen uveďme, že tato produkce je v řádech desítek milionů tun ročně a pro produkci komoditních olefinů by byla dostatečná. O metanolu je pak možno mluvit jako o univerzální surovině pro výrobu klíčových chemikálií, zeolitovou katalýzou též na olefiny.

Nejlépe je to patrné z obrázku č. 11.

Aplikace syntézního plynu



Výroba aromátů z obnovitelných surovin

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 naše 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 (etylenovou) pyrolýzu a získat základní mono aromáty jako významný vedlejší produkt shodně, jak je tomu v případě nástřiků na bázi ropných frakcí.

Obdobně lze aromáty po rafinačních úpravách a extrakci (kapalinové, destilační) získávat z bio-olejů, tedy z produktů pyrolýzy odpadní biomasy. Ta je vždy bohatá na lignin, který představuje surovinu převážně aromatického charakteru. Výroba benzenu, popř. fenolu je schůdná, nikoli nepodobná postupům, které jsou dnes realizovány při zpracování černouhelných dehtů (např. v a.s. DEZA).

3.2.1.10 Zelený vodík v petrochemii

Problematice vodíku a vodíkové ekonomiky je věnován jiný oddíl ve studii. Přímá souvislost s petrochemickou výrobou je naznačena na tomto místě. Je tomu tak proto, že dále popsané dvě technologie pro produkci vodíku by měly být přímo začleněny do petrochemické části rafinérsko-petrochemického komplexu. Krátce je zmíněno:

- Elektrolýza vody,
- produkce biovodíku parciální oxidací.

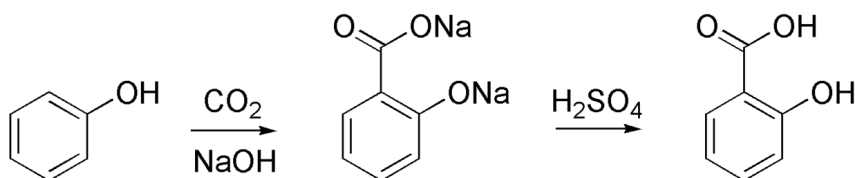
Elektrolýza vody z hlediska vodíku je na petrochemii nezávislá, nejde ani o petrochemický proces. Tím se stává v situaci, kdy je nanejvýš nutné chemicky zhodnotit vznikající kyslík (produkovaný ve značném hmotnostním přebytku oproti vodíku). Kyslík z elektrolýzy tak může být použit pro řadu procesů, kde je jeho použití výhodnější oproti vzduchu (78 % dusíkového balastu). Zejména to platí o zplyňování, které je nutné realizovat s čistým kyslíkem (dnes frakcionací zkapalněného vzduchu, popř. jednotkami PSA nebo membránami). Zplyňování biomasy procesem POX nebo s využitím bioplynu, kde je metan pro proces značně znečištěn sulfanem a oxidem uhličitým, vůči kterým je proces POX tolerantní, vede k produkci biovodíku. Spojení elektrolýzy a zplynění procesem POX tak může představovat komplexní integrovanou jednotku produkující vodík z vody a biomasy. Je zřejmé, že tato varianta ovšem vyžaduje propojení takového komplexu se zdrojem obnovitelné energie – větrné a solární.

3.2.1.11 Petrochemie a oxid uhličitý

Možné postupy využití oxidu uhličitého jsou již naznačeny v jiných kapitolách. Ve vztahu k petrochemii je zde možné uvést dva aspekty:

- Využití oxidu uhličitého v syntézách,
- využití oxidu uhličitého ve spojení s petrochemickým zeleným vodíkem.

I když je oxid uhličitý na energetickém „dně“ chemického potenciálu, jsou reakce, které využívají CO₂ jako reaktant bez potřeby značné energie. Jako příklad, též jako doporučení pro výzkum, jsou uvedeny reakce typu Kolbe-Schmit a cykloadice za tvorby karbonátů. Obě syntézy samozřejmě neřeší CO₂ emise z hlediska množství spotřeby.



Jiný je pohled na chemické využití oxidu uhličitého ve spojení se zeleným vodíkem, který může být výhodně produkován v současných petrochemických kombinátech. Výzkum s pozdější realizací procesů by se měl zaměřit na tyto procesy:

- Fischer-Tropschova syntéza na bázi oxidu uhličitého (místo uhelnatého),
- produkce metanolu na bázi oxidu uhličitého (místo uhelnatého),
- metanizace CO₂ (třeba jako nečistoty v bioplynu),
- reverzní konverze, tedy reakce CO₂ s vodíkem na oxid uhelnatý.

Současně se do r. 2030 v ČR předpokládá významný nárůst elektromobility, vodíkového pohonu i využití plyných paliv v dopravě. To ovšem klade značné nároky na kapacitu a ekonomiku výroby pohonných hmot a energií na bázi OZE, nebo jejich dovozů a rovněž budování potřebné infrastruktury pro jejich skladování a distribuci ke konečným spotřebitelům.

3.2.2 Pokročilé procesy a aparáty

Pokročilé procesy jako jeden ze základních KETs se týkají vytváření a využívání znalostí a inovativních technologií pro přípravu nebo zlepšování produktů, procesů, služeb a komponent, které mají vysokou přidanou hodnotu a velký potenciál ovlivnit trh. Jsou obvykle úzce propojeny s vhodným výrobním zařízením.

Vybrané pokročilé procesy pro cestovní mapu SusChem CZ:

- **Chemické procesy**
- **Průmyslová biotechnologie**
- **Nanotechnologie**

Obecně můžeme **současné požadavky na modernizaci a inovaci** shrnout následovně:

- Snížení energetické náročnosti procesu o 10 %
- Zvýšení materiálové výtěžnosti procesu až o 20 %- 25 %
- Zvýšení rychlosti reakcí až o 10 %
- Využívání obnovitelných energií a surovin
- Spojování některých operací

Mezi **hlavní překážky expanze pokročilých procesů a zařízení** patří:

- Nejistota ohledně vývoje těchto nových technologií
- Výhradní přístup k těmto technologiím pouze u velkých společností se standardizovanými výrobními procesy
- Technologičtí lídři pečlivě chrání své know how
- Nedostatek personálu se základními dovednostmi (například rozsáhlá analýza dat) a kvalifikovaných a specializovaných lidských zdrojů
- Obtížnost při schvalování norem pro interoperabilitu

3.2.2.1 Chemické procesy

Ve vědeckém smyslu je chemický proces metodou nebo prostředkem jakkoli změnit jednu nebo více chemikálií nebo chemických sloučenin. Takový chemický proces může nastat sám nebo může být způsoben vnější silou a zahrnuje nějakou chemickou reakci. Ve smyslu „inženýrství“ je chemický proces metoda určená k použití ve výrobě nebo v průmyslovém měřítku ke změně složení chemikálií nebo materiálů, obvykle za použití technologie podobné nebo související k těm, které se používají v chemickém průmyslu.

Různé chemické procesy využívá nejenom chemický průmysl, ale také řada dalších odvětví jako energetika, vodní hospodářství, farmacie, zpracování odpadů, potravinářský průmysl a další.

Aplikace využívající nejrůznějších fyzikálně-chemických procesů patří mezi hot topic současné vědy a výzkumu a jedním z KETs technologií. Hlavním požadavkem současné doby je snižování energetické a materiálové náročnosti výroby. Více jako 85 % chemických procesů využívá katalyzátory. V průmyslové chemii se realizují především exotermní procesy a využití reakčního tepla nabízí mnoho možností úspor. V souvislosti s požadavky na úsporu tepla nabývá na důležitosti výměna tepla mezi technologickými proudy. V odparech se dnes uplatňuje princip tepelného čerpadla (rekompresie par).

Zásadní inovací stávajících výrobních procesů, která může významně zlepšit účinnost využívání zdrojů včetně energie, je použití intenzifikace a optimalizace procesu. Procesy intenzifikace můžeme definovat jako "jakýkoli vývoj chemického inženýrství, který vede k podstatně menší, čistší,

bezpečnější a energeticky účinnější technologii“. Potřeba účinnějších procesů, včetně dalších flexibilních konstrukčních návrhů a současně zvýšení bezpečnosti a snížení environmentálních dopadů těchto procesů, vyvolává požadavky na nový výzkum v této oblasti. Zlepšení transportních procesů v chemických reaktorech může hrát klíčovou úlohu při zintenzivnění procesů, povede ke kompaktnějším a efektivnějším zařízením a umožní lepší integraci procesů, což zase vede ke snížení počtu procesních kroků (např. multifunkční reaktory). Intenzifikace procesů katalýzou a integrace katalýzy s jinými technologiemi (např. membránovými technologiemi) povede ke snížení počtu kroků procesu.

Intenzifikace procesů se tak stává důležitou oblastí kvůli svému potenciálu získat inovativní a více udržitelné alternativy návrhu procesu. Ve fázi vývoje intenzifikace procesu usilujeme o snížení počtu zařízení (typicky jednotkových operací), které urychlí reakční kinetiku, zvýší lepší energetickou účinnost, sníží investiční náklady a zvýší bezpečnost procesu. Významné je také hledisko inherentní bezpečnosti chemických procesů v souvislosti s jejich udržitelností.

V principu se intenzifikace procesů může soustředit jak na jednotlivé prvky zařízení a aparáty (katalyzátory, reaktory, zařízení pro separační operace zahrnující fyzikální transformace hmoty), tak na aplikace různých izolačních, purifikačních metod. Vývoj nových katalyzátorů nebo nových transformačních technologií pro modernizaci stávajících procesů je zásadní. Procesy, prováděné v menším měřítku jsou nepochybně bezpečnější.

Potřeba efektivnějších procesů, včetně dalších flexibilních konstrukčních návrhů a současně zvýšení bezpečnosti a dopadu těchto procesů na životní prostředí, motivují průmysl k novému výzkumu v této oblasti. Zdokonalení transportních procesů v chemických reaktorech může hrát klíčovou roli v intenzifikaci procesu, což povede ke kompaktnějšímu a efektivnějšímu vybavení a umožní lepší integraci procesů, což zase povede ke snížení počtu procesních kroků (např. multifunkční reaktory, reaktivní destilace, rotační diskové reaktory, monolitický reaktor). Strukturované katalyzátory a reaktory poskytují velkou příležitost pro implementaci těchto strategií do průmyslové praxe.

Principem intenzifikace procesu je maximalizace účinnosti intramolekulárních a mezimolekulárních přeměn a interakcí reakčních složek. Jedná se o lepší řízení frekvence kolizí molekul, jejich vzájemnou orientaci při jejich kolizích a jejich vlastní energie. Optimalizace hnacích sil přenosových jevů v každém měřítku reakčního systému a maximalizace specifických mezifázových povrchů, na které hnací síly působí. Optimalizace přísunu, resp. odvodu energie z místa transformace vazeb molekul surovin na produkty.

Potřeba účinnějších procesů, včetně dalších flexibilních konstrukčních návrhů a současně zvýšení bezpečnosti a snížení environmentálního dopadu těchto procesů, vyvolává požadavky na nový výzkum v této oblasti. Zlepšení transportních procesů v chemických reaktorech může hrát klíčovou úlohu při zintenzivnění procesů, povede ke kompaktnějším a efektivnějším zařízením a umožní lepší integraci procesů, což zase vede ke snížení počtu procesních kroků (např. multifunkční reaktory). Intenzifikace procesů katalýzou a integrace katalýzy s jinými technologiemi (např. membránovými technologiemi) povede ke snížení počtu kroků procesu. Intenzifikace procesů se tak stává důležitou oblastí kvůli svému potenciálu získat inovativní a více udržitelné alternativy návrhu procesu.

Výroba syntézního plynu je neustále předmětem výzkumu. Motivací dalšího rozvoje zplyňovacích technologií je možnost zpracovávat netradiční suroviny, jako jsou biomasa, odpadní plasty a pryže, komunální odpad, ale i odpady z pyrolýzy biomasy a plastů. Mezi hlavní trendy ve vývoji těchto technologií jsou pak postupy snižující provozní náklady, jako je využití vzduchu místo čistého kyslíku, a vývoj zaměřený na další zvyšování efektivity procesu zapojením alternativních způsobů dodávky potřebného reakčního tepla. Jednou z důležitých technologií pro využití syntézního plynu pro výrobu paliv a chemikálií je Fischer-Tropschova syntéza. Tato technologie vyvinutá v minulosti zažívá nyní nový rozkvět. Důvodem nastartování výzkumu a dalšího vývoje této technologie je možnost přeměny snadno získatelného syntézního plynu na žádané produkty. Výzkumné projekty se zabývají vývojem nových pokročilých katalyzátorů, úpravou procesu takovým způsobem, aby produkoval i jiné než lineární řetězce a zvyšováním selektivity procesu. Synergie zplyňování a Fischer-Tropschovy syntézy má obrovský potenciál. Tyto dvě technologie je možné již nyní zcela integrovat do současných rafinérsko-petrochemických výrobních procesů. Kombinace těchto technologií poskytuje spolehlivou cestu, jak přeměňovat odpady a obnovitelné suroviny na biopaliva a zelené petrochemikálie. Díky nízké citlivosti zplyňování na použitou surovinu a vysoké flexibilitě Fischer

Tropschovy syntézy může tandem těchto technologií produkovat širokou škálu látek z mnoha různých surovin. Výzkum těchto technologií má vysoký potenciál.¹⁴

Před časem se prosazovaly tzv. mikroreaktory, velký počet malých paralelních reaktorů měl nahradit velkokapacitní linku (a to i z bezpečnostních důvodů). Dnes už se v souvislosti s mikroreaktory hovoří pouze o výrobě speciálních chemikálií vyráběných v relativně malém měřítku. U většiny procesů výrobní kapacity stále rostou, protože s narůstající kapacitou se snižují výrobní náklady, umožňuje se lepší využití energie a vyplatí se opakované využití vedlejších produktů a náročnější čištění odpadů.¹⁵

Významnou vlastností moderních rafinérských technologií je modularita (konečný produkt vzniká použitím více technologií v řadě) a šetrnost k životnímu prostředí (nulové emise, nízká vlastní spotřeba energií). Pro svoji schopnost odstraňovat nežádoucí komponenty a zásadně měnit strukturu a případně i frakční složení suroviny, jsou za perspektivní rafinérské technologie považovány především hydro-krakování a hydrogenační rafinace. Tyto technologie naleznou uplatnění jak v nových, tak i modernizovaných rafineriích. Využity budou pro hydrogenační konverzi ropných zbytků, výrobu „bez-sírných“ motorových paliv a v neposlední řadě i pro konverzi biomasy na komponenty do motorových paliv, resp. pro její společné zpracování s ropnými frakcemi na motorová paliva. S ohledem na pokroky technologické i pokroky ve vývoji hydro-rafinačních katalyzátorů bude u konverzních procesů výhodnější rafinovat surovinu než produkty získané její konverzí a rozšířit si tak zdroje surovin.

Z dalších vývojově řešených pokročilých chemických procesů můžeme zmínit pokročilé oxidační procesy v environmentálních aplikacích (jsou součástí skupiny radikálových chemických reakcí, které využívají synergického efektu pro rozklad organických chemických látek rezistentních k biodegradaci).

Také rozvoj membránových separačních procesů pro čištění vod znečištěných biologicky obtížně odbouratelnými persistentními organickými látkami, pesticidy a jejich metabolity, zbytky farmaceutických výrob. Podobně jsou zkoumány další technologie jako reverzní osmóza, elektrodiálýza nebo iontoměniče.

Významnou cestou urychlení inovace a intenzifikace chemických procesů je využití digitalizace. Výzkum a vývoj v chemických a farmaceutických společnostech se dnes neuskutečňuje pouze v laboratořích, ale často začíná výpočty a simulacemi na počítači. Tento přístup šetří čas a peníze, protože skutečné chemické syntézy sloučenin jsou často obtížné. Kromě toho bude umělá inteligence pracovat na řešení problémů zpracováním velkého množství dat, aby získaly pravděpodobné kandidáty pro bližší zkoumání.

Budoucí vývoj se zaměřuje ve střednědobém horizontu na:

- aplikace pokročilých reaktorů a katalyzátorů, které zlepšují selektivitu a výtěžek přeměny a separace nebo vylepšené produkty, které poskytují podobný nebo dokonce lepší výkon při používání mnohem méně materiálu (např. lehké konstrukce v dopravě a stavebnictví)
- multifunkční vícefázové reaktory (s obsahem tvarovaného katalyzátoru a více interagujících fází s cílem maximalizovat synergické efekty dílčích kroků procesu)
- hybridní separace (reaktivní destilace, extrakce, krystalizace apod.)
- aplikace alternativních energetických zdrojů (intenzifikace sdílení hmoty, tepla a hybnosti ve vícefázových soustavách s použitím ultrazvuku, UV záření, mikrovlnné energie apod.) a obnovitelného energetického zdroje
- zvýšením reakčních rychlostí s použitím sofistikovanější, netradiční konfigurace chemického reaktoru
- procesy chemické pyrolýzy nebo katalytické depolymerizace zejména plastových odpadů v rámci úsilí o lepší recyklaci odpadů (CE). Tyto procesy jsou řešeny na několika vědeckých pracovištích v ČR, a to na úrovni poloprovozních zařízení
- V rámci rozvoje výroby obnovitelného vodíku se rozvíjí PEM elektrolýza a technologie vysokoteplotní elektrolýzy

¹⁴ Josef Šimek: Výroba syntézního plynu, 72. sjezd chemiků Praha 2020

¹⁵ Josef Pašek: Můj život s chemickou technologií 72. sjezd chemiků 2020

V dlouhodobějším horizontu:

- V rámci energetické a nízkouhlíkové transformace chemického průmyslu je uvažován i vývoj intenzifikace procesů pomocí molekulární katalýzy.
- Průmyslová aplikace vysokoteplotní absorpce CO₂ ze spalin s využitím karbonátové smyčky

Většina českých firem řeší problematiku modernizace nákupem licence anebo dodávkou zařízení od renomovaných zahraničních firem.

3.2.2.2 Průmyslové biotechnologie

Biotechnologie jsou dalšími nadějnými KET's technologiemi, které mají ambice přispět k transformaci na nízkouhlíkovou ekonomiku, lepší využívání druhotných surovin a odpadů. Biotechnologie mohou být účinným nástrojem, jak postupně v řadě případů dospět k „zeleným“ technologiím, aniž by byl zastaven nebo zbrzděn rozvoj společnosti. Přináší nové impulzy chemickému inženýrství (reaktorová technika, separační metody, bio-katalýza, řízení procesů, environmentální chemickém inženýrství). Řadu podnětů přináší i v bio-medicinálním chemickém inženýrství.

S aplikacemi těchto technologií se setkáváme při výrobě bioplynu, syntézního plynu, biopaliv v biorafineriích, bio katalyzátorů, specialit pro farmacii a čistých chemikálií. Jedním z již komerčně zavedených biopaliv je bioetanol. Jenže jeho výroba je spojena s využíváním zemědělské půdy využitelné pro potraviny, a navíc nasazení etanolu místo benzínu kvůli zplodinám vyprodukovaným při jeho výrobě a nižší efektivitě při spalování oproti benzínu snižuje celkové emise CO₂ jen o 13 %.

Důležitou skupinou výrobků připravovaných biotechnologií jsou biopaliva. Při současných cenových relacích a dostupných kapacitách zdrojů fosilních paliv jsou pro možnost užití biomasy jako zdroje motorových paliv hlavní limitující faktory:

- kapacita biomasy (výhledově se předpokládá „boj o biomasu“)
- náklady na výrobu paliva z ní a na ochranu životního prostředí
- logistika (problém dopravy částečně zpracované biomasy k finálnímu zpracovateli na biopalivo)

Jako primární zdroj biomasy využitelné pro palivové účely je již desetiletí považována ligno-celulosa biomasa, která nezabírá jinak zemědělsky využitelné půdy. Vhodnými termickým způsobem je z ní možno připravit tzv. syntézní plyn, který je dále možno známými technologickými postupy převést na motorová paliva.

Dalším biologickým materiálem, který lze zpracovat na cenné produkty, je bioplyn, jehož produkce v Evropě má k roku 2030 dosáhnout 20.10⁹ Nm³. Přes velký potenciál výroby bioplynu však praktické využití jeho energetického potenciálu omezují relativně vysoké výrobní náklady a přítomnost polutantů jako CO₂, H₂S, NH₃ a těkavých organických látek (VOC) a má i nežádoucí skleníkový efekt. Jeho energetické využití je v malých a středních zařízeních bez vnější finanční podpory neekonomické. Vzhledem k tomu, že technologie velkoobjemové výroby bioplynu je dnes velmi vypracovaná, lze ji aplikovat k využití místních surovin (živočišnou kejdu, biologicky rozložitelný komunální odpad apod.). Vzhledem k vysokému obsahu metanu (CH₄) představuje bioplyn (po nezbytné úpravě) vhodnou surovinu pro výrobu biopaliva s kvalitou podobnou zemnímu plynu a rovněž cenný biochemický substrát pro výrobu biopolymerů, metanolu a tuků s vysokou přidanou hodnotou. Některé z těchto technologií se již úspěšně ověřují v poloprovozním měřítku.

Tím, že biotechnologie využívají katalyzátorů biologické provenience, jako jsou enzymy, případně i živé buňky, musíme respektovat jejich specifika, čímž se biotechnologie odlišují od chemických technologií. Zejména to je úzká oblast optimálních teplot, tlaků, pH a koncentrací reagujiících složek, jejichž dodržování na jedné straně vyžaduje zvýšené nároky na řízení provozních podmínek, na druhé straně však umožňují získávat produkty za energeticky výhodných podmínek.

Největší výhoda biologických katalyzátorů pak zejména spočívá v jejich specifčnosti a v možnostech katalyzovat reakční mechanismy, které nejsou čistě chemickými (syntetickými) katalyzátory vůbec dostupné. Biokatalyzátory umožňují nové chemické reakce, pracují za mírných reakčních podmínek a

sníží se riziko vzniku vedlejších produktů a operační stupně se obvykle zjednodušují. Bio-katalýza je bezesporu považována za důležitý nástroj průmyslových syntéz některých základních chemikálií, nicméně možnosti aplikací jsou zatím omezené z důvodů omezené dostupnosti vhodných biokatalyzátorů. Nicméně rozvoj genového inženýrství a řízená evoluce enzymů důslednou exploatací bio-diverzity by mohly pomoci tuto bariéru překonat. Lze očekávat mnoho průmyslových aplikací z jednostupňových enzymatických konverzí až k vícestupňovým mikrobiálním syntézám. Zvláště atraktivní produkty bio-katalýzy jsou bezesporu vysoce stereo-selektivní a tudíž enantio-čisté látky.

Nejbližší cíle pro možnost implementace bio-katalýzy do potřeb chemického průmyslu:

- vyvinout biokatalyzátory, které jsou lepší, rychlejší a lacinější než běžné chemické katalyzátory
- vývoj katalyzátorů, které mohou katalyzovat širší oblast reakcí, než je doposud známé
- zvýšit jejich teplotní stabilitu, aktivitu a kompatibilitu k rozpouštědlům
- vyvinout metody molekulárního modelování, dovolující rychlý návrh enzymů
- vyrobit transgenní výroby, které mohou v řízené míře vyrábět žádané produkty a enzymy

Důležitým faktorem pro úspěšné zavádění biotechnologií do chemického průmyslu je, zda se skutečně dosáhne udržitelnost technologie z hlediska zlepšení kvality výrobku, bezpečnosti práce, snížení odpadů a snížení spotřeby energie a surovin.

Techniky molekulární biologie jsou schopné připravit řadu nových specifických enzymů, které mají výhodnější vlastnosti, než podobné přírodní enzymy a dokážou též vyrobit transgenní rostliny, které mohou v řízené míře vyrábět žádané produkty a enzymy.

V dlouhodobém horizontu je významnou výzvou nalezení možností využití CO₂ k výrobě chemických látek integrací bio a solárních rafinerií s využitím obnovitelného vodíku. Možnost rozšířit využití biomasy bude užitečné využít vzhledem k velkému množství CO₂, které vzniká fermentačními procesy za účelem výroby biopaliv. Nadějná bude v řadě případů nejspíše kombinace biotechnologických a chemických výrobních stupňů.

Biorafinerie a bio – továrny

Biorafinerie lze definovat jako zařízení pro ekonomicky a ekologicky udržitelnou konverzi biomasy na komerčně využitelné produkty (chemikálie, aditiva pro chemický průmysl, biomateriály atd.) a na bioenergií (biopaliva, elektřinu, teplo atd.). Představy o tom, co představují biorafinerie se časem měnily, jak se vyvíjela jejich role v budoucím scénáři energetické chemie. Nové koncepty biorafinerií vyžadují vývoj nových vysoce výkonných katalyzátorů kompatibilních s novými zdroji surovin. Výhoda biorafinace ve srovnání s rafinací ropy vychází z větší rozmanitosti surovin, nevýhodou je množství procesních kroků, které je nutno pro získání výrobku biorafinací aplikovat, přičemž většina biotechnologií je ještě v předkomerčním stadiu.

Biorafinerie 1. generace – byly zaměřeny na výrobu biopaliv jako přísady k pohonným hmotám s cílem snížit spotřebu ropy. Byly založené na zpracování polysacharidů a olejnin (např. řepka). Produktem jsou biopaliva první generace. Obvykle ke komplexu ropné rafinerie a petrochemických výrob byla budována samostatná bio výrobní jednotka. Tento koncept rafinerie je charakterizován velkým měřítkem, relativně omezeným sortimentem produktů s nízkou přidanou hodnotou a omezenou flexibilitou z hlediska produktů. Vyžadoval však využití části zemědělské potravinářsky využitelné půdy a měl i další nevýhody. Evropský parlament proto přijal cíl omezit podíl biopaliv I. generace na celkové spotřebě energie na maximálně 7 % do roku 2030.

Hlavním trendem budoucího vývoje je přechod na biorafinerie 2. generace (nezaložené na surovinách v konkurenci s potravinami, ale na obnovitelných surovinách jako jsou lignocelulózy a odpadní suroviny). Přechod na 2G biorafinerie právě probíhá, ovšem mnohem pomaleji, než se předpokládalo před deseti lety. Koncept biorafinerie již zahrnuje myšlenku zpracování biomasy do spektra produktů (potravin, krmiva, chemikálie, paliva, biologické povrchové látky a materiály), ale stále je silně spojen s ropnými rafineriemi.

Strategie přechodu od současných k budoucím modelům biorafinerie je založen na následujících klíčových prvcích:

- a) rozšíření surovinové základny
- b) zlepšení udržitelnosti, efektivity využívání zdrojů a energie a menší dopad na životní prostředí
- c) rozšíření sortimentu.

Jádrem této strategie je vývoj nových koncepcí intenzifikace procesů a vývoj vysoce efektivních a flexibilních procesů malého rozsahu, přizpůsobené pro provoz v širším rozsahu vstupních surovin a typu výrobků. Plné využití biomasy a symbiózy s ostatními průmyslovými odvětvími na regionální úrovni jsou další kritické aspekty budoucnosti biorafinerií s následnou vysokou mírou regionální specializace.

To vyžaduje vývoj technologií, které lze snadno přizpůsobit v různých technologických schématech. Vývoj nových vysoce výkonných katalyzátorů kompatibilních s novými surovinami, vývoj robustnějších katalyzátorů, které vydrží různé pracovní zátěže reaktoru kvůli decentralizovanému provozu a proměnou dostupných surovin.

Biorafinačním postupem lze z obnovitelných zdrojů biomasy získat takové chemikálie, které mohou v blízké budoucnosti zcela změnit tvář průmyslové chemie. Na komerční bázi se již dnes z biomasy produkují například oxid uhličitý, kvasnými procesy jednoduché alifatické alkoholy, aldehydy a též aceton, glycerol, organické kyseliny, třeba octová, mléčná, citronová i řada nutričních aminokyselin či fermentačně syntetizovaných antibiotik.

Trendy budoucího vývoje biorafinerií lze charakterizovat dvěma směry. První je zaměřen na výrobu základní suroviny pro chemickou výrobu, zatímco druhá zaměřuje pozornost na střední a vysokou přidanou hodnotou chemických výrobků, včetně monomerů pro polymeraci, ale s pružným typem výroby pro rychlý přechod k výrobě případně přísady do paliva, v závislosti na tržní příležitosti.

Nový model biorafinerie nazývaný biotovárna zdůrazňuje aspekt, že hlavním cílem se stává chemická výroba, s energetickými produkty (hlavně přísadami vyšší hodnoty než přímými složkami promíchání do paliva). Tento model se zaměřuje na integraci biologických továren v rámci současné rafinérie zaměřené na ropu a chemickou výrobu, místo aby ji nahradila. Do roku 2050 bude ropy stále ještě dost a úspěšný přechod k udržitelnější ekonomice bude vyžadovat snížení zejména ekonomických bariér. Vedle postupného přechodu na nízkouhlíkové hospodářství a snížení emisí skleníkových plynů, zvyšuje energetickou bezpečnost a přispívá k podpoře venkovského života, je hlavní motivací pro regulaci využívání biopaliv. Integrace biotechnologických procesů do stávající struktury chemických provozů snižuje potřebné investice.

Integrace solárních paliv v rámci rafinérských schémat, je důležitým prvkem budoucích scénářů ke snížení uhlíkové stopy a snížení závislosti na fosilních palivech. Transformace CO₂ na paliva s využitím obnovitelného vodíku je dalším perspektivním směrem k naplňování cílů EGD, vyžaduje však ještě další výzkum. V ČR probíhá v rámci programu ERC CZ projekt Světlem poháněná biorafinerie využívající metakatalyzátory.

Průmysl chemického zpracování biomasy, založený na principu biorafinace, bude koncepčně samozřejmě vycházet z jiných základních chemikálií, než je tomu v petrochemii. Teoreticky je sice možno většinu petrochemických produktů (uvádí se až 80 %) získat i biorafinační cestou, ale bylo by to v řadě případů dosažitelné třeba s menšími výtěžky a nesrovnatelně vyššími provozními náklady. Na druhé straně, významnou řadu chemických produktů nezbytných pro zajištění základních potřeb společnosti by již dnes nebylo možné, nebo jen s obtížemi a značným energetickým výdajem, připravit na bázi fosilních zdrojů (příkladem jsou nenasycené mastné kyseliny, antibiotika, fytohormony apod.). Z dlouhodobého hlediska lze očekávat vývoj 3. generace biorafinerie a plně integrované biotechnologické a chemické výroby. Biorafinerie 3. generace jsou založeny na využití vodních řas a mikroorganismů, na bázi enzymů nebo bakterií. Biologická konverze se nabízí i pro získávání produktů z enzymatického štěpení (aminokyseliny). Výzvou je využití řas, které poskytují řadu žádaných produktů pro potravinářství, farmacii a kosmetiku (nenasycené mastné kyseliny – omega 3 a 6, karotenoidy, vitaminy, růstové faktory, chlorofyl atd.). Značný obsah bílkovin je předurčuje k využití jako krmiva nebo jako doplněk stravy. Výtěžnost řas, vztaženo na plochu, je mnohem vyšší než u hospodářských rostlin. Biokatalyzátory umožňují nové chemické reakce, pracují za mírných reakčních podmínek, a tím se snižuje riziko vzniku vedlejších produktů, a tedy operační stupně se

obvykle zjednodušují. Jednou z důležitých úloh výzkumu je ověření funkčnosti a vhodnosti jednotlivých enzymatických kroků.

Podle studie Evropské agentury pro životní prostředí evropský potenciál biomasy při respektování podmínek ochrany biologické rozmanitosti umožňuje, aby v roce 2030 mohlo být pokryto energií z biomasy 15 % energetické spotřeby EU. (asi 18 % tepla, 12,5 % elektřiny a 5,4 % paliva pro dopravu by mohlo pocházet z biomasy z evropských zdrojů). Současně má dojít ke snížení emisí skleníkových plynů.

Moderní biotechnologie je dnes orientovaná na vývoj a výrobu vysoce cenově lukrativních výrobků v relativně malých množstvích, perspektivně s využíváním geneticky modifikovaných mikroorganismů. Při vývoji biotechnologických procesů budou žádána především nová sofistikovaná řešení, např. katalýza, separace na bázi využívání membránových technologií, bio separací, elektroforózy a selektivních adsorpcí s cílem další miniaturizace zařízení. Integrované biorafinerie jsou ústředním bodem rozvoje biohospodářství a přinesou nové zdroje chemických materiálů, které jsou buď strukturálně podobné fosilním surovinám, nebo nové s novými funkcemi a vylepšenými vlastnostmi. Vzhledem k omezeným zdrojům primární biomasy je třeba vzít v úvahu všechny možné zdroje, včetně biomasy druhé generace a odpady (například komunální odpad). Biohospodářství může zlepšit účinnost zdrojů a je klíčovým prvkem při dosahování širší koncepce CE a obnovitelné ekonomiky. Důležitým parametrem pro posuzování efektivnosti zavádění nových biotechnologií je poměr energie produktem získané k energii do výroby vložené, což doposud např. pro stávající biopaliva bylo nevýhodné.

V podmínkách ČR bude ekonomicky výhodnější uvažovat o speciální rafinerii vybudované poblíž zdroje s cílem vyrábět chemické speciality.

Hlavní směry budoucího vývoje:

- Komerencializace biorafinerií 2. generace
- Zlepšení současných technik přeměny biomasy
- Vývoj koncepcí biorafinerie 3. generace
- Vývoj robustních katalyzátorů, které vydrží různé pracovní zátěže reaktoru
- Šlechtění a kultivace nových typů mikroorganismů pro účinné a selektivní realizace nových chemických produktů pro potravinářství, zemědělství, kosmetiku
- Šlechtění a produkce nových kmenů mikro řas produkujících žádané složky s vysokou přidanou hodnotou, včetně biopolymerů, platformních chemických látek, nenasyčených mastných kyselin, lipidů a škrobu využitelných jako biopaliva
- Šlechtění a kultivace nových typů mikroorganismů pro účinné a selektivní realizace nových chemických produktů pro potravinářství, zemědělství, kosmetiku
- Vývoj sofistikovaných metod separace
- V dlouhodobém horizontu nahrazení fosilních materiálů biologickými materiály

Bariery:

- omezené dostupnosti vhodných biokatalyzátorů
- omezená znalost mechanismů enzymaticky katalyzovaných reakcí
- časová a finanční náročnost vývoje nových biokatalyzátorů (enzymů i buněk)
- nedostatečně vyvinuté metody na „šití enzymů a buněk na míru“
- vysoká cena produkce enzymů a kofaktorů
- omezené zdroje biomasy
- je potřeba omezit prvky, které zdržují například uvádění nových produktů na trh regulačními opatřeními
- nedůvěra veřejnosti ke geneticky upravovaným materiálům

3.2.2.3 Nanotechnologie

Zjednodušeně je můžeme definovat jako projektování, charakterizace, produkce a aplikace struktur, zařízení a systémů řízení tvarů a rozměrů v nanometrické škále. Nanotechnologie není nějaké nové průmyslové odvětví, je to zcela nový technologický přístup, který jde napříč prakticky všemi obory od chemického průmyslu až třeba po kosmický vývoj. Nanotechnologie bychom mohli také definovat jako interdisciplinární a průřezové technologie, zabývající se praktickým využitím nových a neobvyklých vlastností nanomateriálů pro konstrukci nových struktur, materiálů a zařízení, která se vyznačují vysokou přidanou hodnotou a unikátními funkcionalitami. Nanotechnologie umožňují přípravu materiálů nebo technologií, které dříve nebyly možné. Toto chování se často vzpírá klasickým zákonům fyziky a chemie a lze je pochopit pouze pomocí zákonů kvantové mechaniky.

Vysoká přidaná hodnota, kterou generují nanotechnologie, pochází převážně z hotových výrobků obsahujících nanotechnologie, jako jsou zařízení pro ukládání a přenos informací, transfer a ukládání energie, nanotechnologie pro aplikaci v senzorech, nanobiotechnologie a nanomedicína, nanotechnologie pro elektrochemické technologie zpracování a nanomateriály. Ty nacházejí stále širší uplatnění při výrobě nátěrových hmot, automobilů, a letadel, oděvů, textilu, kosmetiky, katalyzátorů, chytrých materiálů.

Mimořádnou roli sehrávají nanotechnologie v kosmickém průmyslu (např. katalyzátory, odolné povrchy satelitů, konstrukční prvky raketoplánů, zdroje energie, čištění kapalných odpadů) a ve zbrojním průmyslu (např. nanosenzory, neviditelné povrchové úpravy, mobilní zdroje energie). Nanotechnologie se významně prosadí i v opravování lidského těla a ve finále i v přímém propojení člověka se strojem a jednou možná dojde k trvalému propojení umělé inteligence s lidskými mozky.

Evoluční nanotechnologie – týká se zlepšení existujících procesů, materiálů a aplikací tím, že se využijí jedinečné kvantové a povrchové jevy na úrovni nanometrů. Tento trend je řízen zvýšeným úsilím společností o zlepšení stávajících výrobků vytvářením stále menších a lehčích součástí a kvalitnějších materiálů s nižšími náklady. Často se využívá specificky upravené chemické techniky jako mokré chemické procesy (např. koloidní chemie, hydrotermální metody, sol-gel metody), syntézy v plynné fázi (např. výroba fullerenu a uhlíkových nanotrubiček), plazmové procesy a plazmové modifikace povrchů a řada dalších.

Revoluční (extrémní nanotechnologie) zahrnuje manipulaci s atomy a molekulami. Jde o samoreplikující se a samosestavující se systémy a zařízení o molekulárních rozměrech, které mohou mít uplatnění např. v elektronice nebo lékařství. Dalším perspektivním oborem je příprava předprogramovaných materiálů schopných měnit svůj objem nebo tvar na základě vnějšího impulzu. Významný posun nanotechnologií představuje rozvoj dvoudimenzionální chemie iniciované objevem grafenu. Rozvoj dvoudimenzionální chemie umožní výrobu a aplikace zcela nových pokročilých materiálů jako je grafen a jeho deriváty, hybridních materiálů.

Vývoj fotoluminiscenčního solárního koncentrátoru založený na uhlíkových tečkách. Jedná se o zařízení, které je schopno „sbírat“ sluneční záření a koncentrovat ho na svých okrajích, kde je solárním článkem soběstačné jednotky převedeno na elektrickou energii. Integrace TLSC do prosklených ploch městských budov by v budoucnu mohla vést k transformaci pasivních fasád na energetický zdroj.

Perspektivním výzkumným programem jsou chemické reakce, které umožňují přeměnu skleníkového plynu na látku využitelnou jako zdroj energie či jako průmyslovou surovinu. Využívá se výhod grafenové kyseliny k přípravě nanobiokatalyzátoru pro přeměnu CO₂ na metanol nebo využití hybridních materiálů na bázi derivátů grafenu pro přímou syntézu obnovitelného vodíku z vody. Biosyntéza NM a nanobiotechnologie se zabývají využitím biologických nanosystémů v technických systémech, od sensorové technologie po fotovoltaiku. Používají též nanotechnologické postupy při zkoumání biologických systémů, z čehož budou mít velký prospěch zejména oblasti lékařské techniky a molekulární diagnostiky.

Nanotechnologie jsou oprávněně považovány za perspektivní Kets technologie, které mohou přinést řešení řady výzev budoucího vývoje. Tyto procesy jsou úzce propojeny s NM, které rozebíráme v kapitole pokročilých materiálů. Očekávané hlavní oblasti rozvoje nanotechnologií v blízké budoucnosti jsou pervazivní nanosenzorika, chytré materiály, decentralizovaná energetika a velká data.

Pro dosažení požadované vysoké čistoty NM je nutno často pracovat při vysokých teplotách a tlacích, za použití velkého množství organických rozpouštědel pro udržení příznivých podmínek pro jejich výrobu. Tyto skutečnosti jsou příčinou vysoké spotřeby energií při výrobě některých NM a iniciují další vývoj nanotechnologií.

Výroba fullerenu a uhlíkových nanotrubiček je specifická podskupina syntézy v plynné fázi (Chemical Vapour Decomposition technologie). Všechny postupy v podstatě zahrnují kontrolovaný růst nanotrubičky na částice katalyzátoru při krakování plynů bohatých na uhlík, jako je metan, acetylen.

Rozvoj generování nano-funkcí jako rozsáhlý a nízko nákladový zdroj NM a úspěšné přizpůsobení nanotechnologií konečným produktům vyžaduje v mnoha případech využití materiálů, které jsou schopny rozvíjet své nano-funkčnosti během standardního procesu výroby polotovaru konečného výrobku. Jako příklady lze uvést přísady do plastů, které krystalizují v nanočástice během vstřikování, tvarování kovové fáze během kování, nebo hierarchická struktura, která spontánně vzniká během nanášení povlaku. Je žádoucí sledovat možnost získání nanofunkčních vlastností přímo v průběhu výroby. Takový proces pak výrazně snižuje bezpečnostní rizika související s používáním volných nanočástic.

V ČR se daří nanotechnologiím hlavně díky spolupráci soukromého sektoru a univerzit, velkému zapojení inovativních MSP. Výsledky tohoto snažení najdeme v čistých technologiích, farmacii, medicíně, v průmyslu nátěrových hmot anebo v textilním průmyslu. V kombinaci s materiálovým inženýrstvím pak zasahují do tradičních průmyslových odvětví jako je automobilový, letecký průmysl, elektrotechnika, zdravotnictví a ochrana životního prostředí. ČR se stala jedním ze světových inkubátorů aplikací nanotechnologií. Přes 250 subjektů veřejného a soukromého sektoru se v ČR zabývá nanotechnologiemi. A zájem o tento průřezový obor budoucnosti stále stoupá, zvláště mezi firmami. Vidí v něm šanci, jak se vzdálit konkurenci a pouštět se do průmyslového využití nanotechnologií, zejména do výroby NM. Nejvíce konkrétních výzkumných úkolů se podařilo dovést do praxe právě v chemickém průmyslu.

Jedním z příkladů úspěšné národní inteligentní specializace ČR je rozvoj výroby nanovláken, původně založený na originální české technologii Nanospider (elektrospinning). Toto odvětví se úspěšně dále rozvíjí přes technologii odstředivání k slibné technologii AC zvlákňování, která by v blízké budoucnosti mohla nahradit DC elektrospinning. Dnes již více než 5 výrobních organizací nabízí různé aplikace nanovláken – od výroby povlečení pro alergiky až po speciální nanomembrány. Úspěšnost takové specializace se významně prokázala při současné pandemii, řada hlavně MSP byla schopná operativně zavést výrobu ochranných prostředků. Světovost tohoto oboru je založena na efektivní spolupráci výzkumu s průmyslem, ale také na podpoře státu.

Digitální revoluce klade nové požadavky na aplikovaný výzkum a experimentální vývoj. Stát by měl proto vytvořit takové podmínky, aby i MSP měly možnost využívat výsledků výzkumu. Byly analyzovány potřeby průmyslové praxe a inventarizovány kapacity relevantního aplikovaného výzkumu a jeho růstový potenciál pro účely efektivního zaměření výzkumné aktivity. Velkým potenciálem konceptu Průmysl 4.0 je snížení energetické a materiálové náročnosti výroby, umožnění maximálního využití zbytkových materiálů jako vstupních komponent do následného výrobního procesu, vznik technologických řešení pro decentralizované systémy výroby a distribuce energie, rozvoj biotechnologií. Konkrétní témata výzkumu a vývoje (VaV), byla promítnuta do aktualizované NRIS3.

Ve střednědobém horizontu bude mimo jiné řešeno:

- Aplikace AC zvlákňování pro výrobu nanovláken
- Rozšíření sortimentu a objemu výroby nanovláken jak pro spotřební zboží, tak pro ochranu zdraví a životního prostředí, pro pokročilé membrány
- Rozvoj dvoudimenzionální chemie

V dlouhodobém horizontu:

- Vývoj efektivní transformace oxidu uhličitého na metanol s využitím hybridního nanobiokatalyzátoru
- Rozvoj metod tzv. extrémní nanotechnologie

Bariéry:

- vysoce rizikový výzkum s ohledem na neustálé změny v oblasti bezpečnostní legislativy
- náročný převod technologie z laboratorních podmínek do průmyslové praxe
- obavy veřejnosti z rozšiřování aplikace nanotechnologií (mimo mikroelektroniku)

3.2.3 Pokročilé materiály

Pokročilé materiály mohou učinit budovy a infrastrukturu více odolné a energeticky účinné, umožní vyrábět lehčí a bezpečnější vozidla, vyrábějí vysoce výkonné produkty na zařízení pro zdraví a pohodu. Inovace přinesou nové funkcionality a vlastnosti jak v nových produktech a aplikacích nebo vylepšených stávajících produktech. To může oslovit nové aplikační trhy, pokud materiály splní požadavky koncových uživatelů, vytvoří se nová hodnota řetězců i úspěšná integrace alternativních uhlíkových surovin, jako je CO₂, odpadů a biomasy.

K tomu přispívá široký dosah pokročilých materiálů, které posilují konkurenceschopnost, zlepšují životního prostředí, zvyšují energetickou účinnost a lepší využívání zdrojů, a to i uplatněním principu CE již při navrhování nového výrobku. V kontextu přechodu k CE patří některé klíčové výzvy udržitelné recyklace materiálů, které jdou nad rámec inovací materiálů, a zahrnují synergii s pokročilými procesy a příležitostmi, které digitální technologie mohou nabídnout.

Materiálový výzkum zahrnuje širokou skupinu multioborových a mezioborových výzkumných aktivit, jejichž výsledkem jsou nové pokročilé materiály, efektivní technologie jejich výroby a jejich užití ve výrobcích s vysokou přidanou hodnotou. Nové multifunkční materiály a jejich výrobních technologie jsou základním předpokladem pro konkurenceschopné výrobky s vysokou přidanou hodnotou zejména ve strojírenství, elektrotechnice, fotonice, IT, energetice, bezpečnostní technice, stavebnictví, ochraně ŽP a v lékařství. Existence silné vývojové a výzkumné základny v ČR v této oblasti dává předpoklady úspěšné realizace řady záměrů a zapojení do mezinárodní spolupráce.

Na pokročilé materiály jsou následující požadavky nad rámec současného stavu techniky:

- Lepší užité vlastnosti a zcela nové funkcionality při snížení nákladů na výrobu.
- Zpřísňují se požadavky na recyklovatelnost a ochranu životního prostředí v celém životním cyklu. Současně se požaduje prodloužení životnosti výrobků, což je spojováno s úsporou materiálů.
- Dalším současným požadavkem je snížení spotřeby nedostatkových neobnovitelných kriticky ohrožených surovin.
- nejenom netoxičnost, ale i biokompatibilitu pro zdravotnictví.

Významným trendem pro budoucnost je vývoj materiálových struktur schopných se sama opravit, samoorganizovatelných kompozitních materiálů, „chytrých povrchů“ a materiálů, které je možno předprogramovat. Ne vždy se daří u nových pokročilých materiálů splnit všechny tyto požadavky – např. nákladovost. Řešení těchto problémů je předmětem dalšího orientovaného výzkumu.

Paleta pokročilých výrobků je nesmírně široká. Pokud uvažujeme o inteligentní specializaci ČR a zabezpečení požadavků EGD. CM se věnuje těmto materiálům:

- a.) Nanomateriály
- b.) Materiály pro 3D a 4D tisk
- c.) Materiály pro povrchové úpravy
- d.) Hybridní materiály
- e.) Kompozity a nanokompozity

a) Nanomateriály (dále NM)

Další vývoj se zaměří na lepší využívání nových neobvyklých funkcionalit využitím kvantových a povrchových jevů na úrovni nanometrů, další rozvoj dvoudimenzionální chemie, rozvoj tzv. extrémní nanotechnologie zahrnující manipulaci s atomy a molekulami umožňují vznik samoreplikujících se nebo samosestavujících se systémů.

Velké přínosy v ČR se očekávají z průmyslové aplikace NM v zařízeních pro transfer a ukládání energie, pro výrobu super tvrdých povrchů s nízkým třením, samočisticí nepoškrabatelné laky, filtry, frikční materiály, pokročilé membrány, nanokatalyzátorů, při výrobě obnovitelného vodíku, významný je vývoj NM pro nejrůznější senzory (vazba na Průmysl 4.0) a materiálů pro elektroniku.

Zásadní pro zajištění flexibility při větším využívání obnovitelných zdrojů energie a odpadní energie je rozvoj metod nákladově efektivního skladování energie. Vývoj inovací se zaměřuje na nové generace baterií, superkondenzátory, palivové články, jakož i prostřednictvím nových termochemických řešení pro místní skladování (7). Polovodičové baterie by se nejen nabíjely mnohem rychleji než ty konvenční lithium-iontové, ale rovněž by měly minimalizovat riziko požáru a zabírat mnohem méně fyzického prostoru. Protonová baterie kombinující to nejlepší z vodíkových palivových článků a akumulátorových baterií, používá materiály šetrné k životnímu prostředí a má potenciál dosažení vyšší energetické hustoty oproti současným lithium-iontovým akumulátorům. Nejnovější verze protonové baterie kombinuje uhlíkovou elektrodu, pro ukládání vodíku v pevném stavu, s palivovým článkem, který je reverzibilní, aby mohlo docházet i k dobíjení baterie. Využívání protonů má potenciál být ekonomicky výhodnější oproti použití iontů lithia, které jsou vyrobeny ze vzácných zdrojů. Uhlík, který je primárním zdrojem používaným v protonové baterii, je lehce dostupný. Hlavní potenciální výhodou protonové baterie je mnohem vyšší energetická účinnost ve srovnání s běžnými vodíkovými systémy, což ji činí srovnatelnou s lithium iontovými bateriemi.

VaV nabízí širokou paletu vývoje nových baterií, zatím je otevřenou otázkou, které z těchto technologií se nakonec dostanou do komerční fáze. ČR má ambice stát se v blízké budoucnosti významným světovým výrobcem špičkových baterií. Nový uhlíkový materiál využitelný pro výrobu superkondenzátorů pro ukládání elektrické energie, který vznikl z fluorografenu, na jehož dvourozměrný skelet připojili chemickou spojkou molekulu ftalocyaninu. Připravený grafenový derivát má navíc výbornou stabilitu, dobrou vodivost a jeho kapacita neklesá ani po vysokém množství nabíjecích cyklů. Jako elektrolyt slouží bezpečný síran sodný. Jediný český projekt financovaný ERV ve fázi Proof of Concept.

Existuje několik výzkumných námětů v oblasti vývoje účinnější solárních článků jako např. koncentrační fotovoltaika, solárních články třetí generace (např. DYE sensitized solar cells DSSC), vícevrstvé solární články a solární články s vícenásobnými pásy, perovskitové solární články (účinnost přeměny až 25 %), termofotovoltaické přeměny a další. Výhodou DSSC konceptů je možnost jejich tvarování např. do tvaru střešní tašky, nebo členité fasády budovy (popř. aplikace ve formě průhledného nátěru), nízká hmotnost a vyšší závislost výkonu na slunečním osvětlení než u klasické křemíkové fotovoltaiky.

Další nadějně aplikace NM jsou v textilním průmyslu, ve výrobě spotřebního zejména sportovního zboží, v nových technologiích na ochranu a sanaci životního prostředí, NM pro záchyt, detekci a chemickou degradaci polutantů, technologie spojené s detekcí a monitorováním polutantů.

Pro chemický průmysl poroste význam aplikací nanotubic, nanokompozitů, selektivní katalýzy, aerogelů, chemikálií pro čištění vod, náhrady nedostatkových surovin, filtrační zařízení. NM s vylepšenými vlastnostmi se budou používat při vysoce účinné katalýze v chemických procesech a při přeměně energie ve fotovoltaických a palivových článcích, biokonverzi energie, zpracování odpadů a kontrole ovzduší. Ve stavebnictví jako nové izolační materiály, samočisticí fasádní nátěry, antiadhezní obklady.

Uhlíkové tečky představují biokompatibilní a ekologicky šetrné fotoluminiscenční nanomateriály, jejichž optické vlastnosti lze řídit pomocí velikosti částic, dopací v grafitickém jádru a chemickým charakterem povrchových funkčních skupin. Uhlíkové tečky mají potenciál zvýšit efektivnost solární energetiky (např. výrobou fotoluminiscenčního solárního koncentrátoru).

Ve zdravotnictví se budou dále rozvíjet aplikace NM pro komplexní systémy transportu léků, antivirové léky, biokompatibilní materiály pro implantáty a protézy, umělé klouby, chlopně, náhrada tkání, desinfekční roztoky nové generace, ochranné roušky, analyzátory. Nanotechnologie mohou být použity k aplikaci elektroniky do biologických tkání, k výrobě velmi malých radiofrekvenčních antén, umělé sítnice, miniaturních čipů atd. Ve střednědobém horizontu se bude jednat o vývoj syntéz tzv. „hostujících“ nano částic pro nanomedicinu. Hybridní keramické nebo kovové nano prášky obsahující funkční skupiny (např. polymery,

biomolekuly) určené pro nanomedicinu, ale také pro elektroniku. Hostující nanočástice nesmí být pro člověka toxické, měly by se snadno zpracovávat, selektivně se připojovat a uvolňovat aktivní molekuly hosta. Jedná se o přípravu nanodisperzí, nanoemulzí, denrimerů, které by měly být připraveny a kombinovány s aktivními molekulami hosta. Vývoj nanostrukturních systémů distribuce léků pro potřeby nanomedicíny za dodržení přísných požadavků biomedicinských aplikací

Elektrické obvody se stále zmenšují a NM umožní takové pokroky. Neustále se dynamicky rozvíjí paměťová média, spintronika, bio elektronika, kvantová elektronika. Z hlediska dlouhodobé perspektivy jsou hlavními kandidáty využití výsledků výzkumu v oblasti nanotechnologií informační a komunikační technologie, jež 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). Největší výzvou bude schopnost pořídit správnou velikost částic. Například malé čipy o velikosti do 40 nm budou schopny ukládat více informací do paměti v počítačích, poskytnou více prostoru na paměťových discích, přinesou více dat v mobilních telefonech, umožní využít v těle více léčivých přípravků a zobrazovacích látek v nanonosičích, které budou cílit přímo na nemocné buňky.

Některé výzkumné práce poukazují na možnosti sulfidu molybdeničitého (minerál molybdenit) coby základ tranzistorů příští generace. Ten by mohl konkurovat jak křemíku, tak i grafenu. Tranzistory z molybdenitu by oproti těm současným mohly být menší a energeticky úspornější. Molybdenit totiž může snadno fungovat i jako prakticky dvourozměrná struktura. Účinnost pohybu elektronů v 0,65 nm vrstvě je stejná jako v křemíkovém plátku tlustém 2 nm. U křemíku dnes navíc nemáme technologie, jak tloušťku dále snižovat, naopak molybdenit funguje i v monomolekulární vrstvě. Oproti grafenu má mít velikost vodivostního pásu zase jiné výhody, tranzistory z molybdenitu mají být méně chybové. A kromě tranzistorů by se molybdenit mohl uplatnit v diodách LED nebo ve fotovoltaických článcích.¹⁶

NM sehrávají významnou roli v ochraně životního prostředí. Jedná se o různé filtrace jak vody, tak vzduchu, což je dnes aktuální téma, stejně jako dekontaminace půdy.

V podmínkách ČR je důležité dále rozvíjet úspěšnou aplikaci přípravy nanovláken z různých materiálů. Elektrostaticky zvlákněné polystyrenové nanovlákněné membrány s enkapsulovaným nebo externě vázaným fotosensitizerem efektivně generují singletový kyslík při ozařování viditelným světlem a mají antibakteriální účinky. Funkcionalizace povrchu těchto nanovláken umožňující externí vázání biologicky aktivních látek. Dvourostvé membrány foto generují singletový kyslík a mají antibakteriální vlastnosti při ozařování viditelným světlem a zároveň si zachovávají enzymatickou aktivitu.

Rozvoj dvoudimenzionální chemie umožní výrobu a aplikace zcela nových pokročilých materiálů jako je grafen a jeho deriváty. Zcela zásadní inovací je další rozšiřování aplikací grafenu, který je považován za „záračný materiál 21. století“. Využití derivátů grafenu nebo vrstevnatých nanomateriálů pro foto elektrokatalýzu rozkladu vody pro výrobu obnovitelného vodíku. Hlavním problémem pro další vývoj zůstává nalezení ekonomicky a environmentálně akceptovatelného způsobu průmyslové výroby grafenu. Na rozdíl např. od Polska není zatím znám záměr vybudovat výrobní tohoto materiálu v ČR. Chybí i státní podpora takové do značné míry rizikové investice – a to i přes velmi širokou podporu výzkumu.

Samostatnou kapitolou jsou NM ve spojení se 3D tiskem. Budoucí elektronika založená na grafenu se bude přímo tisknout do libovolných 3D tvarů grafenovým inkoustem. Významnou výzvou pro chemický výzkum jsou rychle se rozvíjející metody aditivní výroby a implementace 3D nano a mikro tisku, zejména vývoj inovativních surovin pro 3D a 4D tisk. Tyto inovace se týkají především molekulárních syntéz a nových procesů pro transformaci hmoty. Bezspornou převratnou výrobní technologií je holografický 3D nanotisk a nanostrukturace povrchu (plochá optika). Standardní 3D tisk nemá šanci této technologii konkurovat.

Další skupinou nadějných dvourozměrných materiálů jsou MXeny – 2D struktury na bázi karbidů, nitridů a karbonitridů přechodných kovů, které se používají v celé řadě oblastí od medicíny až po energetické a environmentální aplikace. Mají řadu unikátních elektronických, mechanických a tribologických vlastností, které lze navíc modulovat jejich složením. Tyto vlastnosti lze využít například při snižování tření a opotřebení materiálů. Díky svým unikátním a modulovatelným vlastnostem mají MXeny ohromný potenciál nejen jako samotné materiály, ale i jako složky pro

¹⁶ Strategická výzkumná agenda IV České technologické platformy pro udržitelnou chemii, duben 2019

pokročilé kompozitní struktury například s polymery. Z těchto důvodů se rozsáhle zkoumá využití MXenů i v nanokompozitech a lubrikačních systémech na bázi tuhých nebo kapalných látek.

Hledání nových ekologických zdrojů energie a způsobů její transformace a ukládání představuje jednu z hlavních výzev současného výzkumu. Vedle akumulace elektrické energie v bateriích je přechod na vodíkovou energetiku založenou na kombinaci (foto)elektrochemického rozkladu vody a výroby elektřiny ve vodíkových palivových článcích nadále vitální možností budoucího vývoje. Hlavním problémem je přitom náhrada platiny jako katalyzátoru při obou elektrochemických procesech: $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$. Intenzivní výzkum vrstevnatých nanomateriálů jako je modifikovaný grafen, dichalkogenidy přechodných kovů, chalkogenidy p-prvků prokázal jejich význačné elektrokatalytické a fotokatalytické vlastnosti. Pro redukci vodíku je klíčová efektivní interakce s povrchem materiálu, příhodná poloha Fermiho meze a dostatečná elektrická vodivost.

Fotokatalytický rozklad vody nabízí elegantní způsob přímé konverze světelné energie na chemickou, avšak hlavním limitujícím faktorem je zde fixní energie zakázaného pásu pro daný typ materiálu umožňující využít jen malou část slunečního spektra. Nanostrukturování vrstevnatých materiálů nabízí efektivní způsob ladění šířky zakázaného pásu. Jak bylo nedávno ukázáno na příkladech GaSe5 a GeSe, závisí velikost energie zakázaného pásu na počtu vrstev a jejich exfoliaci tak lze získat fotokatalytický nanomateriál pokrývající širokou oblast spektra a v určitém rozsahu pH katalyzující jak redukci vody na vodík, tak i oxidaci na kyslík.¹⁷

Nadějným výzkumným programem je chemické reakce, která umožňuje přeměnu skleníkového plynu na látku využitelnou jako zdroj energie či jako průmyslovou surovinu. Využívá se výhod grafenové kyseliny k přípravě nanobiokatalyzátoru pro přeměnu CO₂ na metanol nebo využití hybridních materiálů na bázi derivátů grafenu pro přímou syntézu obnovitelného vodíku z vody.

Perspektivně se očekává rozvoj technologií NM pro náhradu kritických surovin. Nanoprášky, tenké filmy nebo silné povrchové povlaky s podobnými nebo dokonce se zlepšenými funkčními vlastnostmi ve srovnání se současnými materiály, musí být navrženy pro špičkové aplikace, avšak se sníženým nebo žádným obsahem kritickým materiálů.

V současnosti mnoho z těchto špičkových aplikací využívá prvky vzácných zemin a další kritické materiály, Nitridy přechodných kovů získaly velkou oblibu díky jejich jedinečným chemickým a fyzikálním vlastnostem. Mezi těmito materiály je zajímavý především TiN. Má vynikající tvrdost, dobrou tepelnou stabilitu, vysokou odolnost proti opotřebení, vynikající odolnost korozi a relativně vysokou elektrickou vodivost. Může se používat jako materiál na úpravu povrchů rezných nástrojů, difuzní bariéra v mikroelektronických zařízeních a ochranná vrstva na optických součástech. Důležitou metodou pro přípravu TiN prášků je spalovací proces, který umožňuje přípravu TiN s různou morfologií. Jako příklad požadovaného řešení náhrady kritických surovin lze uvést hledání náhrady oxidu india a cínu (ITO), což je nejrozšířenější průhledný oxidový film v různých zobrazovacích technologiích. Tato aplikace je limitována omezenými dodávkami india a vysokými náklady, křehkostí a nedostatečnou pružností. K překonání těchto obtíží bylo studováno využití uhlíkových nano trubiček a graphenu jako nadějných náhrad za ITO. Pokud bude tento vývoj úspěšný, nahrazení ITO odstraní potřebu použití vzácného india a současně poskytne nové a velmi žádané vlastnosti, jako je flexibilita.

Nanomateriály se prosazují i ve stavebnictví -např. modifikace cementové matrice nanočásticemi zlepšuje vlastnosti betonu a vede k vytvoření méně pórovité a pevnější struktury, prodlužuje se životnost. Beton vyrobený s přídavkem fotokatalytického nano TiO₂ má dezinfekční a samočistící schopnosti.

Globálně stojí VaV před řešením celé řady problémů se zaváděním nanotechnologií a NM. Především složité otázky bezpečné výroby a aplikace NM, ale také v rozvoji ekonomických průmyslových metod výroby NM, jejich efektivních aplikací (např. přípravy stabilních disperzí NM nebo materiálů pro aditivní výrobu a 3D tisk). NM mohou být připraveny prostřednictvím širokého spektra různých cest. Výsledné materiály mohou mít značně rozdílné vlastnosti, v závislosti na zvoleném postupu jejich

¹⁷ DAVID SEDMIDUBSKÝ, ZDENĚK SOFER: Vrstevnaté nanomateriály pro (foto)elektrolýzu rozkladu vody 72. sjezd chemiků. Praha 2020

výroby. Současně je třeba řešit aspekt opětovného použití, recyklace nebo likvidace materiálů obsahujících vyvinuté nano funkce.

Jednou z hlavních překážek rychlejšímu rozvoji výroby a aplikací NM je dosud nedořešená legislativa v oblasti bezpečnosti v celém životním cyklu NM a také nedostatečná standardizace metod posuzování účinnosti a životnosti těchto zcela nových materiálů. Z toho pramení i určité obavy veřejnosti o bezpečnost výroby a aplikace NM. Řešení otázek rizik spojených s aplikací NM dlouhodobě pokulhává za samotným vývojem nanotechnologií.

Hlavní cíle rozvoje výroby nanomateriálů:

- Zvýšení efektivity transformace sluneční energie
- Vyvinout baterie s energetickou hustotou až 10x vyšší, než je u současných Li-ion baterií
- Superkondenzátory a palivové články
- Přímé využití slunečního záření k rozkladu vody
- Chemické skladování elektřiny
- Nanosenzorika a biosenzorika

Ve střednědobém horizontu:

- V letech 2021-2022 podporovat rozvoj materiálů pro skladování energií
- Vývoj nových metod funkcionalizace a chemické modifikace grafenu
- Možnost opakovaně měnit elektronickou strukturu molekul a jejich magnetické vlastnosti s využitím dusíkem upraveného grafenu k vývoji nových optických senzorů, fotoluminiscenčních materiálů, katalyzátorů nebo léčiv – Molekulární přepínače nabízejí uplatnění v nanoelektronice, biologii nebo medicíně.
- Využití dusíkem dopovaného grafen oxidu a sulfidu niklu pro přípravu kompozitního elektrokatalyzátoru pro elektrochemické štěpení vody
- Po roce 2022 se uvažuje s vývojem syntéz tzv. „hostujících“ nano částic pro nanomedicinu.
- Multifunkční fotoaktivní nanovláknenné materiály pro pokročilé membrány
- Aplikace pokročilých 2D nanomateriálů jako perspektivních platform pro výrobu biosenzorů
- Vývoj magnetických nano struktur pro aplikace v oblastech technologických, medicínských a environmentálních
- Vývoj kompozitního materiálu jako konkurenceschopnou alternativu k doposud používaným a drahým komerčním oxidům na bázi vzácných kovů
- Vývoj uhlíkových nano struktur pro senzorové aplikace
- Studium porézních uhlíkových nanostruktur pro environmentální a katalytické aplikace
- Použití grafenu jako katalytického povrchu

V dlouhodobém horizontu:

- Vývoj solárních článků třetí generace (např. DYE sensitized solar cells DSC)
- Vývoj vícevrstvých solárních článků (z tenkých vrstev) a solárních článků s vícenásobnými pásy
- Výzkum termofotovoltaické přeměny
- Vývoj protonové baterie.
- Materiály pro 4D tisk – preprogramované strukturální materiály schopné určité změny, která nastane později působením určitého stimulu
- Výzkum optických kvantových a nelineárních jevů a kvantové informatiky
- Výzkum nestandardních detekčních systémů na bázi optiky s citlivostí na jednotlivé fotony, speciálních mikro/nano optických povrchů a tomu odpovídajících optických technologií a měřicích metod
- Výzkum fluorescenčních uhlíkových kvantových teček a jejich aplikace pro značení buněk

Bariéry:

- dosud nedořešená legislativa v oblasti bezpečnosti v celém životním cyklu NM a také nedostatečná standardizace metod posuzování účinnosti a životnosti těchto zcela nových materiálů
- ztráta některých speciálních funkcionalit s časem (např. fotoreaktivita)
- odpor veřejnosti k zavádění nanotechnologií

b) Materiály pro 3D a 4D tisk

Aditivní výroba (AM) je proces tvorby třídimenzionálních pevných objektů z digitálního souboru pokládáním souvislých vrstev materiálů, dokud není celý projekt dokončen. Obvykle se proces realizuje na vhodné 3D tiskárně. Promyšlené a důsledné zavádění této technologie v rámci Průmyslu 4.0 může znamenat klíčový rozdíl mezi úspěchem a neúspěchem na trhu. AM pomáhá zhmotnit dobrý nápad, navrhnout optimální výrobek, přizpůsobit jej na míru zákazníkům, uvést jej dřív na trh, přináší významné úspory nákladů, minimalizuje odpady. AM mění dosavadní fungování dodavatelských řetězců, rozvíjí zakázkovou výrobu a přeměňuje celá průmyslová odvětví. Při jejím správném uchopení s ohledem na design výrobků se 3D tisk postupně stává produktivním i v sériové výrobě. Portfolio používaných materiálů pro 3D tisk se rychle rozšiřuje. Některé tiskárny pracují s práškovými surovinami, jiné s různými inkousty, další potřebují tzv. filamenty (tiskové struny), často v různých barevných variantách. Nejčastěji se používají různé plastické materiály, zejména akrylonitril butadien styren (ABS), kyselina polymlečná (PLA), polyamidy, polykarbonáty a další. ABS a PLA jsou v 3D technologiích využívány v technologii FDM (Fusible Deposition Modeling). Polyamidy se používají v práškové formě v technologii Selective Laser Sintering (SLS). Používají se také různé kovy, keramické materiály, kompozity s různým plněním jako např. s různými nanočásticemi, vlákny nebo vodivými materiály. 3D tisk se v oblasti využitelných materiálů stále rozšiřuje, a to s počtem technologií a tiskáren.

Hlavní nevýhody AM však bohužel stále přetrvávají. Limitní je hlavně rychlost a horší mechanické vlastnosti, kde ale především využití kompozitů přináší dosti podstatné zlepšení. I zde jsou však určitá omezení, např. maximální množství výztuže, které lze aplikovat.

Z hlediska budoucího vývoje je rostoucí potřeba kovových materiálů pro AM. Titan je jedním z nejvíce preferovaných kovových prášků používaných v různých odvětvích konečného použití. Dále se používají kovy jako hliník, měď, dále ocel nebo železo, mosaz, různé typy bronzů. Z dalších materiálů se jedná o keramiku, sklo, písek sádry, papír, uhlík a řadu dalších někdy neobvyklých materiálů jako např. živé buňky. Zvolený materiál významně determinuje výsledné vlastnosti finálního výrobku např. rozměrovou stálost, odolnost teplotě, tvrdost, ale také např. recyklovatelnost.

Pro 3D tisk není problém tisknout i v rozměrech nanosveta. Tento nový trend např. v leteckém a automobilovém průmyslu, strojírenství a elektrotechnice umožňuje inženýrům navrhnout novou třídu materiálů, které jsou pevnější, lehčí, pružnější, mají další uživatelsky žádané vlastnosti a jsou méně nákladné při výrobě. V nanoměřítku mohou objekty vykazovat jedinečné optické, tepelné a elektrochemické vlastnosti, které se liší od vlastností sypkého materiálu nebo molekul. Tyto vlastnosti významně závisí na velikosti a tvaru nanostruktur. Existuje široká škála NM, včetně nanočástic uhlíku, nanovláken, nano trubiček, grafenu, kovových a keramických nanočástic a kvantových teček, které se uvažují využít k 3D tisku. Tyto materiály mají jedinečné vlastnosti, které umožňují aplikace v oblastech, jako je snímání, separace, plasmonika, katalýza, nanoelektronika, terapeutika a biologické zobrazování a diagnostika.

V souvislosti s Průmyslem 4.0 se hovoří o nové technologii aditivní výroby tzv. 4D tisku, která umožní tisknout 3D materiály schopné měnit svoji strukturu v průběhu času. Pod pojmem 4D tisk se myslí zhotovení 3D produktu, který se později může měnit, přetvářet. Čtvrtou dimenzí je tedy čas, zatímco produkt sám o sobě se zhotoví na běžných 3D tiskárnách. Rozdíl je vlastně jenom v materiálech použitých pro tisk – zatímco běžný materiál po 3D tisku nemění svůj tvar, materiál pro 4D tisk je „předprogramován“ pro určité změny, které nastanou později působením určitého stimulu. Příkladem je například materiál, který v reakci na teplotu deformuje tvar produktu. Další publikované příklady vývoje popisují změnu struktury v reakci na vodu, tlak, teplotu, gravitaci nebo vzduch. S tím,

jak se 4D tisk přenáší z vývoje do praxe, vývojáři se zaměřují na zhotovení struktur, které se změni definovaným způsobem v reakci na určitý podnět. Hlavním využitím 4D tisku by mohlo být tkáňové inženýrství, dále umožnění výroby elektronických součástek na plastové folii s organickými tenkovrstvými tranzistory, zhotovených z vodivých polymerů. Technologie 4D tisku přinese významné změny ve způsobu, jakým jsou produkty navrženy při využití klasických výrobních technik. Tak například při skladování a přepravě bude možné mít výrobky v plochém tvaru, zatímco teprve aktivováním stimulu se v místě určení změni ve skutečné 3D předměty. Ušetří se místo i náklady na přepravu. I když je vývoj této technologie v počáteční fázi může chemický průmysl používat programovatelné materiály pro vytváření nových produktů pro zákazníky v odvětví leteckého a kosmického průmyslu, automobilového průmyslu, stavebnictví a zdravotnictví.

Chemický výzkum může přispět také k urychlení 3D tisku jednak vývojem nových technik „vkládání molekul a atomů“ do tištěných produktů a také vývojem vhodných akceleratorů procesů tisku. Dynamický rozvoj AM představuje mnoho výzev pro chemický výzkum, zejména příležitosti vyvinout inovativní suroviny a získat výrobu výrobků s vyšší přidanou hodnotou.

Novým postupem je možné biotisknout „součástky“ lidského těla. Bioprinting vytváří trojrozměrné struktury ze živých buněk nebo jiných tkání. Dělá se to tak, že buňky odebrané z pacienta a namnožené se nastříkují ve zvláštním gelu na určená místa, kde se uchytí a vytvoří tkáň požadovaného tvaru a vlastností. Zkoumá se možnost vyrobit náhradní srdeční chlopně, cévy, uši, části obličeje i jiné poškozené části těla, aniž by hrozila odmítavá imunitní reakce organismu. 3D biotištěné orgány, především srdce, se stávají užitečné pro lékaře po celém světě. 3D bioprinting je použití aditivních výrobních technik, které kombinují buňky, sloučeniny a biomateriály a vytvářejí struktury používané v medicínském a tkáňovém inženýrství. Na rozdíl od tradičního 3D tisku FDM (Fused Deposition Modeling), který používá vlákno nebo plast, bioprint používá "bioinkoust", což je směs biomateriálů a buněk. Může jít například o srdeční chlopně nebo meniskus. V tomto případě pracuje biotiskárna s laserovým paprskem, který prochází speciálním hydrogelem citlivým na světlo. Tento hydrogel je plný lidských kmenových buněk, které zajistí, že vznikne doopravdy živá tkáň. Ozáření laserem způsobí, že hydrogel v těchto místech ztvdne a během několika sekund z něj vznikne požadovaný 3D objekt. Kmenové buňky 3D biotisk v pohodě přežijí a mohou dále růst.

Existuje řada námětů na vývoj nových materiálů pro 3D tisk jako např. plastové nanostruktury jako inteligentní povrchy, polymerní mikrooptika, hybridní optika pro LED a osvětlení, různé polymerní součástky pro MEMS a optická zařízení, nové kombinace substrátových inkoustů a inovativní monokrystalové vodivé inkousty, transparentní vodivé oxidy pro tištěnou keramiku, materiály pro tištěnou organickou elektroniku, materiály pro integrované obvody a pevná paměťová zařízení, materiály pro optickou fotoniku integrovanou na Si tisknutelné polovodičové a dielektrické materiály pro tištěnou elektroniku.

Existuje i celá řada technologických otázek, které by měly být řešeny, abychom mohli získat tržní 3D tiskové produkty. Jedná se o zavedení kontinuální výroby, zabezpečení reprodukovatelnosti špičkové kvality, začlenění přípravy příslušné nanostruktury do výrobní linky s 3D tiskem. Potřeba vyvinout nové propojovací technologie, které mohou využívat submikronové prvky (zejména pro silné fólie), vývoj alternativy pro submikronovou litografii přizpůsobenou pro velkoplošný flexibilní podklad, vývoj tiskových systémů, které mohou obsahovat nano strukturované materiály jako příze z uhlíkových nano trubiček nebo filtry na bázi nanovláken. Nadějným tématem VaVaI jsou monokrystalové vodivé inkousty, které umožní využívat rychlé a nenákladné technologie inkoustového tisku na řadě flexibilních podkladů a tisknout 3D elektronik, 3D tištěné grafenové aero gelové elektrody pro superkapacity předčí srovnatelné elektrody vyrobené klasickým postupem.

Výzkum 3D bioanalytických platform je sice v rané fázi, přesto má velký potenciál ve vývoji biosenzorů a dalších elektrochemických a optických zařízení. Výzkum stojí před náročnými úkoly dosáhnout aktivních a stabilních vytištěných biosenzorovacích systémů vytištěných 3D tiskem.

Ve vývoji nových technologií a materiálů, ale i při vlastním procesu 3D tisku hraje klíčovou roli digitalizace a umělá inteligence. Strojové učení a prediktivní modelování, se používá k urychlení objevů těchto nových materiálů.

Prioritní výzkumná témata:

- rozvoj aplikací digitalizace a umělé inteligence při vývoji nových materiálů pro AM;
- vývoj vhodných nanomateriálů pro jednotlivé aplikace 3D a 4D tisku;

- vývoj monokrystalových vodivých inkoustů, které umožní využívat rychlé a nenákladné technologie inkoustového tisku na řadě flexibilních podkladů a tisknout 3D elektroniku;
- příprava tenkých fotokatalytických vrstev TiO₂ pomocí piezoelektrického tisku;
- inovativní tištěný senzor pro detekci přítomnosti těžkých kovů ve vodném prostředí;
- příprava inkoustu s oxidem grafenu;
- vývoj nano-epoxidových dielektrických inkoustů;
- flexibilní tištěná mikroelektronika s využitím organických a hybridních materiálů;
- syntézy nanomateriálů a samosestavování struktur za použití 3D tisku;
- tištěné optické chemické senzory;
- implementace pokročilých plniv do výroby extrudovaných kompozitních profilů využívaných progresivními aditivními technologiemi;
- vývoj porézních kovových materiálů pro kostní náhrady připravené 3D tiskem

Hlavní cíle chemického výzkumu a vývoje pro aditivní výrobu:

- Speciální inkousty (např. vysoce vodivé, grafenové inkousty)
- Materiály pro 4D tisk, předprogramovaný pro určité změny, které nastanou později působením určitého stimulu.
- Rozšíření výroby složitých laboratorních aparatur 3D tiskem
- Příprava strun pro 3D tisk s pěnovými materiály

Ve střednědobém horizontu budou výzkumně řešeny:

- Příprava monokrystalové vodivé inkousty pro 3D tištěnou elektroniku
- Tištěné optické chemické senzory
- Rozšíření palety materiálů, z nichž se vyrábějí struny pro 3D tisk např. o pěnové materiály

V dlouhodobém horizontu:

- syntézy nanomateriálů a samosestavování struktur za použití 3D tisku;
- vývoj přeprogramovaných materiálů pro 4D tisk
- rozvoj biotisku

Bariéry:

- vysoké ceny 3D tiskáren
- potřeba vývoje sofistikovanějších tiskáren

c) Materiály pro povrchové úpravy

Povrchová úprava je speciální ošetření povrchu materiálu nebo dílu buď opracováním, zpracováním nebo nanesením vrstvy materiálu. Používá se především pro lepší odolnost proti korozi, otěru, zvýšené teplotě apod., nebo pro zlepšení vlastností povrchu (mechanických, chemických, estetických, třecích atd.). Neustále se zvyšující požadavky koncových zákazníků spolu s opatřeními na ochranu životního prostředí a zdraví lidí představují nové výzvy pro vývoj. Efektivní povrchová úprava zvyšuje životnost finálních výrobků, a tak snižuje spotřebu materiálů a energií, zvyšuje bezpečnost a často i prodejnost finálního výrobku. Rozsah materiálů pro povrchové úpravy je značný, od celé řady nátěrových hmot (dále NH), různé kovy, polymery, pryskyřice, kompozity, keramické prášky a další. Existuje velké množství technologií pro předúpravu materiálů, nanášení ochranné vrstvy a případná konečná úprava finálního výrobku.

NH aplikované na výrobcích plní různé funkce: estetickou, ochranou a speciální. Moderní typy umožňují tyto funkce kombinovat. Vlastnosti nátěrových filmů lze ovlivnit formulací nátěrových hmot, způsobem jejich výroby a aplikace. NH lze rozdělit obecně na 2 základní skupiny. Dekorativní barvy jsou určeny zejména k ochraně stavebních prvků, budov, jejich částí a doplňků. Většinou se jedná o vodouředitelné barvy (60-70 %), dominantními pojivy jsou akrylátové a PVAc disperze.

Typickým znakem je, že jsou aplikovány až na místě potřeby. Průmyslové NH slouží k ochraně průmyslových výrobků, zařízení a investičních celků. Většinou se jedná o rozpouštědlové NH na bázi syntetických pryskyřic (alkydy, epoxidy, polyuretany, akryláty). Zpravidla jsou aplikovány přímo v průmyslové výrobě s výjimkou zařízení, která vyžadují aplikaci na místě (mosty, stožáry).

Roční spotřeba NH v ČR je cca 200 kt, spotřeba per capita je srovnatelná s průměrnou spotřebou v EU. Zhruba polovina spotřeby je tuzemské produkce, polovina je saturována dovozem, export představuje pětinu tuzemské produkce. Nárůst spotřeby NH v ČR je v posledních letech kryt převážně dovozem. Mezi dováženými typy mírně převládají vodouředitelné NH ($\approx 55\%$), mezi vyváženými výrazně ($\approx 70\%$). V ČR vyrábí NH přibližně 80 firem různé velikosti, sortimentního zaměření a vlastnické struktury. Nejvýznamnějším spotřebitelským sektorem NH v ČR je stavebnictví ($\approx 40\%$), malospotřebitelský trh představuje $\approx 30\%$, dodávky pro průmysl $\approx 30\%$. Tuzemští výrobci preferují malospotřebitelský sektor, zahraniční dodavatelé se zaměřují více na dodávky pro průmysl (především automobilový průmysl, kolejová vozidla, těžká korozní ochrana).

Při povrchové úpravě kovů pro všeobecné strojírenství (výroba, opravy) je nutno kombinovat různé požadavky na nátěrové filmy (korozní, chemická a teplotní odolnost, odolnost ohni, ionizujícímu záření). Jsou používány zejména NH polyuretanové, epoxidové, popřípadě epoxidehtové, alkydové i zinksilikátové. Trendem je používání vysokosušinových „high solid“ systémů se sušinou 80-85 %.

Významným tuzemským aplikačním sektorem průmyslových nátěrových hmot jsou organizace, které si na používané nátěrové systémy kladou zvláštní požadavky podle svých vlastních předpisů a norem. Pro sektor strojírenství, výrobu dopravních prostředků a elektroniky jsou důležité pokroky v technologiích zaměřených na funkční povrchové vrstvy. Zásadním úkolem je řešení průmyslové zpracovatelnosti, aplikace na složité a rozměrné povrchy, zajištění procesní spolehlivosti, a především trvanlivosti vlastností. Neméně důležitou jsou dále technologie zaměřené na snižování pasivních odporů a vyztužování materiálů nebo modifikaci jejich vnitřních strukturálních vlastností. Nejstriktnější požadavky jsou uplatňovány v automobilovém sektoru, kde se liší i požadavky jednotlivých automobilek. Tyto požadavky jsou pro české výrobce prakticky nesplnitelné, proto až na výjimky NH pro OEM nevyrábí ani nevyvíjí. Pro sektor opravárenství je situace jednodušší, přesto i zde dominují dovozci.

Pro automobilový a letecký průmysl, pro strojírenství a další odvětví je žádoucí vyrábět super tvrdé a super kluzké povrchy. V automobilovém průmyslu se často používají povlaky ke zlepšení vlastností forem pro výrobu umělohmotných dílů. Najdeme je i na velmi zatěžovaných částech výkonných motorů renomovaných značek. Mezi nadějně technologie povlakování těchto povrchů patří Physical vapour deposition (PVD) a Diamond like-carbon (DLC). Při těchto technologiích je materiál bombardován urychlenými ionty ve vysokém vakuu a odprašování atomů se vytváří velmi tenká a zároveň velmi homogenní super tvrdá a super kluzká vrstva. Tloušťky povlaků se pohybují v řádech jednotek mikrometrů, ale jednotlivé nano vrstvičky pro zlepšení mechanických vlastností jsou v řádech desítek nanometrů. Radikálně tak lze zvýšit životnost zápusťek, forem, protahovacích a válcovacích nástrojů pro tvářením kovů, plastů nebo keramiky. Povlaky také zabraňují korozi. Vysoká tvrdost povlaků chrání nástroje proti abrazi skelnými vlákny nebo poškrábání povrchu při manipulaci a čištění. Je možné povlakovat na nástroje z oceli, hliníku i slitin.

Požadavky Armády ČR na testování nátěrových systémů vychází z Českého obranného standardu kompatibilního s požadavky NATO; přesto jsou v jednotlivých zemích v řadě parametrů odlišné, což komplikuje vývoz těchto nátěrových hmot. Jsou vyvinuty systémy určené pro nejvyšší tzv. integrální ochranu pozemní vojenské techniky (testování na fyzikální a mechanické odolnosti, spektrální reflektanci, klimatickou odolnost, dekontaminaci BOL). Těmto požadavkům nejlépe vyhovují systémy se syntetickými základy a vrchními polyuretany. Vývoj, výroba a aplikace těchto nátěrových hmot jsou většinou předmětem utajení.

S modernizací železniční dopravy přichází možnost pro uplatnění nových nátěrových systémů pro železniční kolejová vozidla, pro mosty a ocelové konstrukce. Nátěrový systém všech kolejových vozidel tvoří epoxidový základ na bázi zinkfosfátu, u osobních vagonů polyuretanový plnič a vrchní barva u skříní, u podvozků akrylátová vodou ředitelná vrchní barva nebo silnovrstvý epoxid; jako vrchní barvy na nákladní vozy se používají epoxidy. Trendem budou reformulace těchto barev na vodouředitelné systémy a použití vysokosušinových epoxidů. Na mostní a ocelové konstrukce (mosty, lávky, stožáry, nástupištní přístřešky, haly, protihlukové stěny) jsou používány nátěrové systémy polyuretanové nebo kombinované (epoxidové základy, vrchní polyuretanové NH); je požadována

životnost systémů 15 let a výše. Trendy budou směřovat do rozšíření nabídky o vodouředitelné epoxidové a polyuretanové barvy a vysoko sušinné epoxidy a také na vrchní barvy s obsahem železité slídy, případně další inovace systémů pro metalicky ošetřené povrchy (Zn, Al).

V leteckém průmyslu se uplatňují vysoce sofistikované typy tenkovrstvých nátěrových hmot na lehké kovy (reaktivní základy, polyuretanové emaily použitelné v širokých rozmezech teplot).

V silniční dopravě jsou na mostní a ocelové konstrukce kladeny obdobné požadavky jako v dopravě železniční, navíc je důležité testování odolnosti proti chemickým rozmrazovacím látkám. Pro vodorovné dopravní značení se používají bezaromátové rozpouštědlové a vodouředitelné NH a za studena tvrditelné dvousložkové barvy. Trendem jsou termoplastické NH (výhodou je rychlost pokládky, je ale nutné speciální pokládkové zařízení s vysokou pořizovací cenou) a z pohledu tlaků na ochranu životního prostředí i další rozšiřování vodou ředitelných NH (používání v CHKO a ochranných vodních pásmech). K nátěrům betonových protihlukových stěn se používají převážně vodouředitelné systémy, které musí být vysoce kryvé, odolné proti oděru a chemickým rozmrazovacím látkám, snadno aplikovatelné a omyvatelné. Možným pojivem pro vývoj těchto barev jsou modifikované akryláty ve vodní emulzi.

V energetice jsou požadovány vysoké odolnosti nátěrových systémů, zejména proto, že výstavba nových liniových vedení, údržba a opravy stožárů, výstavba nebo rozšíření elektrických stanic jsou finančně a časově velmi náročné. Přenosové sítě vyžadují životnost ocelových konstrukcí 40 let, její prodloužení je zajišťováno pravidelnou opravou natíraných ocelových konstrukcí. Je nutné počítat s vysokou korozní agresivitou (min. stupeň C3) a vlivem slunečního záření na degradaci používaných nátěrových systémů. Tyto musí zhotoveny z jednosložkových NH (aplikují se výhradně ručně), nátěry stožárů se provádí ve 3 vrstvách. Pro vnitřní prostředí elektrických stanic a zařízení je nutno počítat se střední korozní agresivitou (stupeň C2). Těchto odolností lze dosáhnout velmi silnou bariérovou vrstvou nátěrového systému, nebo kombinací žárově zinkovaných povrchů a následné ochrany NH (duplex systém). Požadována je životnost min. 15 let, nátěry se provádí štětcem ve 2 vrstvách. Podle konkrétního místa použití se používají rozpouštědlové alkydové a akrylátové systémy, trendem je přeformulování těchto systémů na vodouředitelné. Významný přínos pro povrchové úpravy a novou generaci nátěrových hmot může přinést aplikace nanoplňiv. Očekává se zlepšení vlastností jako odolnosti proti poškrábání, tepelné odolnosti, oteruvzdornosti, bariérového efektu (nižší plyno – a paropropustnost), odolnosti proti UV záření, vzrůst tvrdosti, snížení koeficientu tření na povrchu úpravy, snížení hodnoty expanzního koeficientu, snížení prostupnosti vůči kapalinám nebo snížení hořlavosti. Je tak možnost ovlivnit nejen životnost polymerního materiálu, ale tyto změny jsou extrémně důležité z hlediska konečné aplikace takového materiálu. Je možné také dosáhnout dalších vlastností (např. antimikrobiální, antifogging), pro které je obvykle nutné ke konvenčnímu polymeru přidávat další aditiva. Změnu vlastností lze dosáhnout relativně malým přídatkem nanočástic – obvykle v jednotkách procent.

Mezi perspektivní materiály jsou zařazeny i nitridy přechodných kovů, které získaly velkou oblibu díky jejich jedinečným chemickým a fyzikálním vlastnostem. Mezi těmito materiály je zajímavý především TiN. Má vynikající tvrdost, dobrou tepelnou stabilitu, vysokou odolnost proti opotřebení, vynikající odolnost korozi a relativně vysokou elektrickou vodivost. Může se používat jako materiál na úpravu povrchů řezných nástrojů, difuzní bariéra v mikroelektronických zařízeních a ochranná vrstva na optických součástech. Důležitou metodou pro přípravu TiN prášků je spalovací proces, který umožňuje přípravu TiN s různou morfologií.

Pokročilé keramické prášky naleznou aplikaci v ochraně povrchů vystavených současnému působení zvýšené teploty, agresivních médií a různých druhů opotřebení. Jedná se především o nástroje pro řezání a vrtání, tvářecí válce, části leteckých motorů, plynové turbíny a kompresory, kluzná ložiska a trysky pro vytlačování skla a minerálních vláken. Jednou z cest náhrady kriticky ohrožených kovů je využití zajímavých vlastností intermetalických sloučenin. Koncept spočívá ve vytvoření kompozitního materiálu s keramickou výztuží, avšak matrice není tvořena kovy nebo slitinami na bázi tuhého roztoku, ale vhodným typem intermetalické sloučeniny. Jako perspektivní se jeví intermetalická sloučenina NiTi vyztužená karbidem titanu nebo TiAl s výztuží TiC nebo Al₂O₃. Tyto materiály je nejlépe zpracovávat moderními postupy práškové metalurgie s využitím mechanického legování a slinování metodou Spark Plasma Sintering, díky čemuž dosáhnou jemnozrnné struktury.

V současné době probíhá vývoj povrchových úprav se zlepšenými vlastnostmi a odolností proti různým, zejména povětrnostním a mechanickým vlivům, výzkum povlakových technologií se

specializací zejména na automobilový průmysl a výrobu dopravních prostředků, výzkum vlivu úpravy povrchu na zvýšení životnosti a provozní spolehlivosti exponovaných komponent vodních turbín, vývoj materiálů s antikorozními vlastnostmi (např. nádrže pro přepravu močoviny nebo pohonných hmot).

Obecné trendy dalšího vývoje jsou dány kromě měnících se požadavků trhu stále se zpřisňující evropskou a národní chemickou legislativou (EGD, REACH, VOC). Tato zpřísnění významným způsobem ovlivňují spotřebu a sortiment NH v ČR, což má značný vliv na základní výzkum, aplikační vývoj, výrobu i způsoby jejich aplikace. Stále rychlejším tempem bude inovován sortimentu směrem k ekologicky příznivějším a zároveň uživatelsky přívětivějším průmyslovým NH, zejména s nižším obsahem organických těkavých látek (VOC): vývoj progresivních typů rozpouštědlových NH ("High Solids") s vysokým obsahem sušiny, NH s reaktivními rozpouštědly, částečná náhrada těkavých organických rozpouštědel vodou, náhrada rozpouštědlových NH vodou ředitelnými stejných vlastností, ještě širší využití bezrozpouštědlových NH ("Powder Coatings"). Z důvodů zvyšování produktivity práce a snižování energetické náročnosti budou stále více preferovány nátěrové systémy a aplikační techniky umožňující automatizaci a robotizaci při nanášení a co nejkratší časy pro vytvrzování filmů (UV tvrditelné). Mnohem širší uplatnění a výrazně rostoucí trendy spotřeby budou vykazovat tzv. chytré barvy ("Smart Coatings"). Jejich filmy definovaně reagují na podněty z okolí a mění své vlastnosti (barvu, vodivost, korozní odolnost při poškození filmů) nebo okolí žádoucím způsobem ovlivňují (čištění ovzduší od škodlivých polutantů, zejména z dopravy). Tyto, jinými NH nedosažitelné vlastnosti, budou umožněny díky formulacím s daleko širším využitím surovin na bázi nanomateriálů, zejména plniv a pigmentů, ale i poživ. Pokrok v nano a biotechnologiích umožňují vývoj materiálů, které se podobají živým systémům v jejich chování vůči vnějším podnětům. Pokrok v této rychle se rozvíjející oblasti může vést k dynamickým polymerům reagujícím na vnější podněty – polymerům, částicím a nanočásticím, gelům a chytrým povrchům se širokou oblastí využití: řízené dávkování léků, tkáňovému inženýrství, samoopravujícím se materiálům, biosenzorům, senzorům a pohonům. V posledních přibližně dvou desetiletích byly navrženy chytré materiály, které reagují na změny pH, iontové síly, změnu elektrického nebo magnetického pole, chemické a fotochemické podněty. Zatím se spíše jednalo o polymery a nanočástice reagující spíše na jeden určitý podnět a změnu. V současnosti už byl ale zaznamenán pokrok v syntéze a přípravě dobře definovaných architektur a strukturovaných makromolekul a částic (blokové lineární kopolymery, polymerní nanočástice, hybridní polymery a částice apod.) Většina těchto nových vícefunkčních systémů reaguje na změnu teploty a zároveň změnu pH v menší míře na změnu ozáření, přítomnost některých iontů apod. Hlavním nedostatkem je zatím naše neschopnost vytvářet tyto systémy jako kooperativní a nezávislé a spojovat mikroskopické a makroskopické jevy. Vývoj bude směřovat k multifunkčním systémům, kde bude zřejmý jejich programovatelný charakter a jejich dynamické chování. Dalším krokem by měla být příprava monomerů schopných reagovat na prostředí a následně polymerů umožňujících přímou přípravu komplexních senzitivních systémů co nejjednodušším a neefektivnějším způsobem. Dalším důležitým krokem bude sledování kinetiky odezvy těchto systému na vnější podnět – jak rychle jsou schopné reagovat na podnět a také čím může být odezva ovlivněna. Většina těchto „chytrých“ polymerů, nanočástic a částic, což je vlastně více méně jejich aplikace na povrchu určitého materiálu, vyžaduje zvládnutí a rozvoj nových syntetických postupů a metod, zejména např. řízené polymerace. Hledání pokročilých multifunkčních materiálů a konceptů, které dramaticky sníží velikost a hmotnost v moderní elektronice a konstrukčních aplikacích a zároveň uspokojí vynikající mechanické, ekologické požadavky na životnost, se za poslední desetiletí znatelně zvýšilo. Výzvou, které v současné době čelí věda a průmysl, je schopnost identifikovat novou generaci udržitelných, nákladově efektivních a energeticky účinných materiálů pro vysoce pokročilé aplikace a každodenní použití.

Hlavní cíle v oblasti materiálů pro povrchové úpravy:

- Prodloužení životnosti finálních výrobků
- Nahrazování zdraví škodlivých organických rozpouštědel a VOC
- Zlepšení vlastností povrchové úpravy (např. tvrdost, kluznost, odolnost vůči nepříznivým vlivům)
- Implementovat do povrchu nové funkcionality
- Rozvoj „chytrých povrchů“

Vývojové směry ve střednědobém horizontu:

- Materiály se schopností se samy opravit (např. nárazníky vyhovující požadavkům na recyklaci, ochraně proti UV záření nebo povrchová úprava proti poškrábání)
- Materiály s přizpůsobenými vlastnostmi tepelné nebo elektrické vodivosti (např. pro vnější povrch letadel, pro ochranu proti osvětlení, tepelná vrstva, termoelektrické materiály pro termoelektrické generátory)
- vývoj kompozitních povlaků snižujících tření nebo opotřebení pro energetický sektor (např. pístní kroužky a vložky do válců), materiály získané 3D tiskem nebo nano nanášecími technikami);
- Vývoj progresivních typů rozpouštědlových NH ("High Solids") s vysokým obsahem sušiny
- Širší využití bezrozpouštědlových NH ("Powder Coatings")
- Vývoj pokročilých multifunkčních materiálů, které dramaticky sníží velikost a hmotnost v moderní elektronice a konstrukčních aplikacích a zároveň uspokojí vynikající mechanické, ekologické požadavky na životnost

Vývojové směry v dlouhodobém horizontu:

- Vývoj tzv. chytrých povrchů a Smart Coatings
- Vývoj samoupravujících se povrchových úprav

Bariéry:

- neschopnost vytvářet systémy „chytrých povrchů“ jako kooperativní a nezávislé a spojovat mikroskopické a makroskopické jevy
- environmentální rizika těchto nových materiálů však nejsou dobře známá a zatím nebyly jejich možné účinky plně studovat a hodnotit

d) Hybridní materiály

Hybridní materiály jsou kompozity skládající se ze dvou složek na nanometrové nebo molekulární úrovni. Obvykle je jedna z těchto sloučenin anorganická a druhá organická. Liší se tedy od tradičních kompozitů, kde jsou složky na makroskopické úrovni (od mikrometru po milimetr). Míchání v mikroskopickém měřítku vede k homogennějšímu materiálu, který buď vykazuje charakteristiky mezi dvěma původními fázemi, nebo dokonce nové vlastnosti. Hybridní materiály lze klasifikovat na základě možných interakcí spojujících anorganické a organické druhy. Hybridní materiály třídy I jsou ty, které vykazují slabé interakce mezi dvěma fázemi, jako jsou van der Waals síly, vodíkové vazby nebo slabé elektrostatické interakce. Hybridní materiály třídy II jsou ty, které vykazují silné chemické interakce mezi složkami, jako jsou kovalentní vazby.

Výhody hybridních materiálů oproti tradičním kompozitům:

- Anorganické klastry nebo nanočástice se specifickými optickými, elektronickými nebo magnetickými vlastnostmi mohou být začleněny do matic organických polymerů.
- Na rozdíl od čistých anorganických materiálů v pevném stavu, které pro své zpracování často vyžadují vysoké teploty, vykazují hybridní materiály manipulaci podobnější polymerům, buď kvůli jejich velkému organickému obsahu, nebo kvůli tvorbě zesílených anorganických sítí z malých molekulárních prekurzorů jako v polymeračních reakcích.
- Je možné se vyhnout rozptylu světla v homogenním hybridním materiálu, a proto lze dosáhnout optické průhlednosti výsledných hybridních materiálů.

Anorganicko-organické hybridní materiály jsou poměrně novou a rychle se rozvíjející oblastí materiálového výzkumu a vývoje, kdy kombinací jednotlivých složek až na molekulární úrovni lze dosáhnout unikátních vlastností výsledného materiálu. Komponenty založené na hybridních strukturách je třeba v budoucnu recyklovat, a proto je nutno již při designu nového materiálu eliminovat závadné prvky.

Kromě již známých aplikací hybridních materiálů (např. pro povlaky odolné proti poškrábání nebo hydrofobní, antistatické a antireflexní nátěry, dekorativní nátěry, LED, materiály zpomalující hoření pro stavební průmysl, dentální výplňové materiály) za potenciálně zajímavé výzkumné směry lze

považovat elektronické a optoelektronické aplikace (např. fotodiody, plynové senzory a tranzistory), kompozitní elektrolytické materiály pro aplikace, jako jsou polovodičové lithiové baterie nebo superkondenzátory, protonové vodivé membrány používané v palivových článcích, hybridní organokřemičité nanomateriály pro heterogenní katalýzu enantioselektivních reakcí, hybridní magnetické složky na bázi nanočástic oxidů železa pro nahrazení pevných permanentních magnetů využívaných v magnetických uzávěrech, materiály pro konverzi energie.

Hlavní cíle v oblasti hybridních materiálů:

- Hybridní optika pro LED a osvětlení (snížení spotřeby elektřiny)
- Materiály pro moderní katalyzátory
- Přímé využití slunečního záření k rozkladu vody (vodíková strategie)
- Hybridní fasády
- Slibná budoucnost je očekávána na poli organicko-anorganických hybridních materiálů pro konverzi energií. Pevné iontově vodivé materiály se smíšenou elektronovou a iontovou vodivostí jsou novou třídou vodičů. Využití vodivých polymerů pro membránovou separaci patří rovněž k perspektivním výzkumným směrům. Membránové technologie přispívají i ke konstrukci palivových článků.
- Výzkum aplikací hybridních inteligentních materiálů

Ve střednědobém horizontu jsou k naplnění cílů megatrendů nadějně následující hybridní materiály:

- inteligentní kombinace polystyrénu (EPS) a polyetylénu (PE) nebo EPS a polypropylénu (PP). Tento hybridní materiál kombinuje přednosti obou polymerů: má nízkou hustotu jako EPS a zároveň vynikající chemickou odolnost a absorpci otřesů jako PE nebo PP.
- hybridní fasádní materiály s Nano-Keramik technologií Povrch těchto materiálů je po zaschnutí tvořen nano keramickými částicemi, které razantním způsobem omezují usazování nečistot na jejich povrchu, omezují výskyt a růst plísní a řas a optimalizují chování povrchu při smáčení vodou. Voda u hybridních povrchů nevytváří kulovité kapky, které se dlouho odpařují, případně stékají po povrchu, ale je vytvořen souvislý, extrémně tenký film vody, který se velmi rychle odpařuje a nedochází tak k nežádoucímu či nerovnoměrnému provlhání povrchu fasády. Tento efekt ještě zvyšuje odolnost povrchu vůči biotickým, nebo mikrobiálním atakům. Hybridní technologie také přispívá k excelentní paropropustnosti těchto materiálů.
- hybridních materiálů pro strukturální aplikace. Vlákná na bázi polysacharidů, zejména celulózová, byla v posledních dvou desetiletích zkoumána jako náhrada tradičních výztuh ze skleněných nebo uhlíkových vláken díky jejich mechanickým vlastnostem. Jejich biokompatibilita, biologická rozložitelnost a chemie však přitahuje vědce a v různých aplikacích se objevuje nový vývoj v oblasti inteligentních a funkčních materiálů. Bude se jednat např. o biomedicínské aplikace inteligentních a funkčních materiálů na bázi polysacharidů, zejména na aplikace týkající se bio senzorů a akčních členů, terapeutických systémů a aplikací tkáňového inženýrství. Zvláštní pozornost bude věnována hybridním materiálům na bázi celulózy a chitinu / chitosanu, protože se jedná o dva nejhojnější polysacharidy a pravděpodobně nejslibnější pro vývoj hybridních materiálů pro biomedicínské aplikace.
- hybridních polymerních systémů pro kompozity, které kombinují výhody termoplastů a duroplastů. Základem pro materiál jsou např. metakrylát a polyuretan. Využití by takové nové materiály měly najít především v automobilovém průmyslu, při výrobě zdravotnické techniky a sportovního nářadí.
- vývoj nové třídy vícesložkových hybridních systémů složených z centrálního materiálu, (obvykle polovodičů oxidů kovů jako TiO₂, α-Fe₂O₃, ZnO, WO₃, BiVO₄ atd.) a materiálů na bázi uhlíku s řízeným tvarem a rozměrem (např. 1D-nanotrubičky, 2D ultratenké filmy, 3D rozvětvené nano architektury atd.), které budou pracovat jako vysoce fotokatalyticky a

elektrokatalyticky aktivní materiály pro široké portfolio energetických a environmentálních aplikací včetně přímého rozkladu vody, fotokatalýzy, elektrokatalýzy, solárních článků,

- vývoj určitých „nadčasových“ těsnících tmelů, které budou svými vlastnostmi minimálně stejně dobré, ne-li lepší, než konvenční technologie – např. polyuretany nebo silikony – a přitom budou zcela nezávadné s minimálním dopadem na životní prostředí. Materiály, s kterými stavbaři pracují, budou vybírat i podle dalších kritérií – např. zda se dají likvidovat cestou typickou pro „bezpečný odpad“. V kolonce tmelů a lepidel do toho výborně zapadají právě hybridní tmely a lepidla. Podstatné je však to, že nikoliv na úkor funkčnosti.

V dlouhodobém horizontu lze očekávat vývoj hybridního materiálu, který dokáže s pomocí slunečního záření rozložit vodu. (vazba na vodíkovou strategii). Vývojem takzvaných hybridních nanomateriálů, které jsou schopny vodu rozkládat za pomoci slunečního záření, se zabývá nový tým vedený světově respektovaným vědcem v oblasti materiálové chemie, fotoelektrochemie a obnovitelné energie Patrikem Schmukim na UPOL spolu s odborníky z USA, Švýcarska, Dánska, Francie a Jižní Koreje. Přes mnoho výhod, jako jsou především nízká cena, netoxičita, dostupnost ve velkém měřítku nebo chemická stabilita, vykazují tyto materiály některé nedostatky, které prozatím znemožňují jejich velkokapacitní uplatnění při produkci zelené a levné energie. Projekt si klade za cíl odstranit tyto nedostatky kombinací oxidů kovů s nanokrystalickými materiály, jež v našem centru dlouhodobě studujeme. Jedná se například o nové typy uhlíkových kvantových teček, dvoudimenzionálních derivátů grafenu nebo plazmonických nanočástic vzácných kovů, vzniklé hybridní struktury zvýší účinnost fotokatalytického děje, a tedy i objem vyráběného vodíku. Tento sedmiletý projekt si klade za cíl zpřístupnit nové technologie reálné praxi.

Bariery:

- Časově náročný a nákladný výzkum
- Nutná úzká spolupráce s potenciálními, často zahraničními firmami mimo chemický průmysl
- Regulace v oblasti NM

e) Kompozity a nanokompozity

Kompozity většinou přinášejí úsporu váhy (např. při stavbě letadel v současnosti 20 až 50 %) a vysokou pevnost. Kompozity obsahují dvě odlišné komponenty (výztuž a matici) vytvářející nový materiál, jeho vlastnosti nejsou jen pouhým součtem vlastností obou komponent. Jak výztuž, tak matrice mohou být velmi různorodé. Výztuž, velmi často ve formě vláken nebo tkanin, např. kov, sklo, uhlík, bór, různé typy polymerů. Jako vlákna výztuže se v současnosti používají skleněná a minerální vlákna (např. čedičová). Mají široké použití, přijatelnou cenu, jsou odolná proti nárazu a mají značné prodloužení přetržení. S rozvojem nanotechnologií jsou jako výztuže používány různé typy nanočástic (nejčastěji jíla, nanočástice na bázi uhlíku), které přinášející poměrně unikátní vlastnosti pro nanokompozit. Vlákna pro náročné aplikace: uhlíková, aramidová, bórová, vysoko vysokomodulový PE, PBO a další. U výztuže je důležitá jejich orientace v kompozitu, která je určující pro konečné vlastnosti. Rovněž závisí na povrchové úpravě vláken, např. ke zvýšení kompatibility s maticí, omezení delaminace apod. K dispozici začínají být i 3D výztuže utkané do různých tvarů. Lze očekávat, že vývoj v příštích letech bude směřovat ke kombinovaným různě orientovaným typům výztuže, ke snahám o řešení technologie výroby kompozitů s 3D výztuží, různými vlastnostmi zlepšujícími povrchovým úpravám výztuží (chemická modifikace, plazmové úpravy) a využití např. dalších polymerů pro výztuže. Otázkou také zůstává možné využití různých a různě povrchově upravených polymerních nanovláken. Další oblastí je aplikace nanočástic a popř. nanovláken a vznik nanokompozitů s cílenými vlastnostmi matrice. Novou oblastí v použití multifunkčních materiálů jsou kompozity s nekonečnými vlákny s víceosým uspořádáním, vhodné pro zesílené konstrukční díly. Kompozitní díly z nezkadeřených syntetických vláken otevírají možnost pro vhodné a cílené orientace ke směru zatěžujících sil na dílu v provozu. V porovnání se současnými armovacími textiliemi tím lze docílit menší hmotnosti při zachování nebo zlepšení mechanických vlastností.

Jako matrice se používá např. beton, kovy, termosetické i termoplastické polymery apod. Polymery stále patří mezi nejčastěji používané kompozitní matrice, velmi často jsou to termosety jako

nenасыčené polyestery, epoxidy, vinylestery, fenolické pryskyřice, kyanestery, polyimidy a další. V nejbližších letech lze asi očekávat další zlepšování formulací, např. zvyšování houževnatosti, a tlak na výrobu „zelených pryskyřic“, tj. především pryskyřic, jejichž výroba bude alespoň částečně vycházet z obnovitelných surovin. Matrice jsou také vyráběny z termoplastů – PE, PBT, PC ABS, PA, PP a další. Pro náročnější aplikace např. PEEK, PEK, PAD, PAS, PES, PPS nebo LCP. Tento typ kompozitů na rozdíl od termosetických pryskyřic je alespoň částečně recyklovatelný. Recyklovatelnost je u kompozitů s polymerní matricí (zejména u termosetů) velmi problematická ne-li nemožná. Koncepce zpracování odpadů ČR se o kompozitech zmiňuje jen okrajově.

Duroplastová matrice se vyznačuje krátkými časy zpracování, zvýšenými možnostmi změnit tvar a možností recyklace. Ve směru vláken jsou mechanické vlastnosti výrazně lepší. Nabízí se tedy možnost kombinovat tyto vlastnosti s kovovými plechy za vzniku několikanásobného kompozitu. Spojením výhod vláknových kompozitů s kovovými plechy tak vzniká tzv. inteligentní smíšená lehká konstrukce. Vedle již zmiňovaných dynamických a pevnostních vlastností mohou mít přínos pro spojovatelnost, redukci vibrací, tlumení zvuků, lakovatelnost a odolnost proti odletujícím kamenům.

Termín nanokompozit se používá, pokud kombinací organických a anorganických strukturálních jednotek vznikne materiál s kompozitními vlastnostmi. To znamená, že původní vlastnosti oddělených organických a anorganických složek jsou stále přítomny v kompozitu a při míchání těchto materiálů se nezmění. Pokud se však z intimní směsi objeví nová vlastnost, pak se materiál stane hybridem.

Využití nanoplňiv – obvykle anorganických a organických materiálů, jako jsou kovy (Al, Fe, Au nebo Ag), oxidy kovů (ZnO, Al₂O₃, TiO₂), směsné oxidy kovů, jíly a uhlíkové nanotrubičky (CNT) - do polymerních kompozitů propůjčuje do polymerních materiálů řadu vylepšených vlastností, včetně zlepšených objemových vlastností, povrchových vlastností, rozměrové stability, chemické stability a dalších funkčních vlastností. Např. zlepšené fotokatalytické, optické, elektrické a / nebo tepelné vlastnosti. Nanoplňiva se využívají v polymerech obvykle v množstvích od 1 do 10 % v závislosti na typu polymerní matrice.

Globálnímu trhu s polymerními nanokompozity nyní dominuje 5 hlavních aplikací, včetně stavebnictví, automobilového průmyslu, obalů, elektroniky a dalších aplikací, jako je letectví, zdravotnické prostředky a výrobky pro domácnost. Polymery s nanomateriály byly dosud jednou z nejdůležitějších revolucí v průmyslu v posledních desetiletích a studie provedené v tomto ohledu naznačují, že budou obzvláště relevantní v oblastech jako je mobilní telefonování, fosilní paliva, ochrana životního prostředí nebo zdravotní péče. Typickým příkladem nanočástic průmyslově vyžívaných jsou CNT. CNT jsou využívány kvůli svým tepelným, elektrickým a mechanickým vlastnostem v aplikacích jako: katodové trubice (CRT) a palivové články, stínění elektronických krytů proti elektromagnetickému rušení (EMI), radarové absorpční povlaky a termomechanicky vylepšené materiály. Obdobné elektrické vlastnosti by měly mít tzv. M-xeny, což jsou karbidy převážně Ti nebo Va. Ty jsou navíc 2D, takže lze očekávat u nich i bariérový efekt. Zde je vývoj zatím v počátcích. Využití kompozitů pro aditivní výrobu přináší podstatné zlepšení některých technologických nevýhod 3D tisku.

V budoucnosti se trendy v grafenových nanokompozitech v příštích letech budou ubírat dvěma směry: elektronickými aplikacemi a jejich využitím jako senzorů a použitím v biomedicině.

Jedním z nejslibnějších budoucích použití nanokompozitů na bázi oxidů kovů jsou solární články. Je používána anorganická fáze s vysokou mobilitou elektronů k překonání omezení zátěže a transportu spojených s organickými materiály. Nanočástice lze vložit do nejrůznějších polymerů a mají velký význam v různých průmyslových odvětvích, jako jsou obaly a potraviny. Inteligentní balení masa, sýrů nebo jiných potravin podléhajících rychlé zkáze, stejně jako vícevrstvé obalové (PET) lahve a kartony z uhlíčanových produktů jsou v blízké budoucnosti jedním z využití nanočástic. V elektronickém průmyslu čeká tyto sloučeniny ještě dlouhá cesta do budoucna. Televizní obrazovky, mobily a další elektronická zařízení začínají používat tyto sloučeniny ke zlepšení své tvrdosti, aniž by se vzdaly vlastností propouštějících světlo. Celulóza je jedním z polymerů, které jsou v současné době zkoumány. Je to hojný, obnovitelný a udržitelný biopolymer. Nanocelulózu oceňují její mechanické vlastnosti a její biologická rozložitelnost, obnovitelnost, dostupnost, udržitelnost, nižší náklady, nižší hmotnost, vyšší mechanická pevnost, biokompatibilita, vysoká hydrofilnost a velká plocha povrchu.

Nejnáročnější obory kompozitů z hlediska zákazníků jsou především kosmický průmysl, energetická technika, výroba automobilů a letadel, těžká transportní technika, přístrojová technika a obranný průmysl. Produkty s lehkou konstrukcí, zejména kompozity vyztužené skelnými a uhlíkovými vlákny

a systémy tzv. multimateriálů (kovové vícevrstvé kompozity) se stávají čím dál víc běžnější v automobilovém průmyslu, lehký design hraje klíčovou roli při zavádění elektromobilů, v rozvoji větrné energetiky apod. Dalším příkladem mohou být třeba moderní lehké materiály používané např. v leteckém a kosmickém průmyslu (např. křídla letadel, listy rotorů vrtulníků, lopatky turbín a další). Ve využívání, vývoji a výrobě kompozitů bohužel ČR poněkud zaostala. Výjimkou je výroba ultra lehkých letadel, ve které je ČR je skutečně na špičce.

Hlavní směry budoucího vývoje:

- Vývoj technologie výroby kompozitů s 3D výztuží
- Aplikace povrchově upravených polymerních nanovláken
- Vývoj grafenových nanokompozitů
- Příprava nových kompozitních materiálů na bázi grafenoxidu a podvojných vrstevnatých hydroxidů jako sorbentů těžkých kovů z vodných roztoků
- Vývoj samoorganizovatelných kompozitních materiálů a “chytrých povrchů“
- Nanokompozity se zlepšenými vlastnostmi pro chemickou konverzi energie
- Masově vyráběné nanokompozity pro rekuperaci tepla (např. pro výfukové systémy)

Bariéry:

- Obtížná recyklovatelnost kompozitů vyrobených z termosetových pryskyřic
- Stále ještě vyšší výrobní náklady, nízký objem výroby
- Životnosti těchto materiálů.
- Problémem v budoucnosti, zejména v případě chytrých povrchů, je otázka rozšíření REACH a vztah ke EGD. Pravděpodobně se tím prohloubí zaostávání Evropy i v tomto směru.

3.2.4 Pokročilé katalyzátory

Katalytické materiály mají zásadní význam pro snížení dnešních a budoucích zátěží v oblasti životního prostředí a mohou přispět k ekologičtějším a udržitelnějším vývoji produktů, ke snížení emisí CO₂ nebo k řešení budoucích energetických problémů. Klíčovou charakteristikou katalýzy jako vědní disciplíny je její interdisciplinární charakter. Úspěšná realizace nových katalytických řešení a technologií vyžaduje integraci odborných znalostí z chemie, fyziky, biologie, matematiky do chemického a materiálového inženýrství a aplikované průmyslové chemie. Integrace teoretického modelování in situ k pochopení reakčních mechanismů, vědy o přípravě katalyzátoru na úrovni nanometrů, pokročilé mikrokinetiky a modelování reaktorů jsou příklady současných trendů v katalýze.

Pokročilé katalyzátory výrazně pomohou jak k žádoucímu zvýšení efektivity stávajících procesů nejenom v chemickém průmyslu, ke snížení energetické náročnosti a negativního vlivu na životní prostředí, k realizaci nových technologií, které doposud nebyly možné. Více než 85 % všech současných chemických produktů se vyrábí pomocí katalytických procesů a katalytické procesy umožňují moderní rafinování paliv. Katalýza neovlivňuje jen chemický průmysl a ropné rafinérie. Má rozhodující úlohu při umožnění udržitelného využívání energie, například v palivových článcích a bateriích, při výrobě biopaliv, jakož i při ochraně životního prostředí a klimatu. Katalýza a katalytické procesy tvoří přímo nebo nepřímo asi 20–30 % světového HDP. Také výroba katalyzátorů v Evropě má velký ekonomický dopad, přibližně 3–4 miliardy EUR.

V současné době se obor katalýzy vyvíjí od popisu k predikci. Důležitými prvky takového přístupu jsou výpočetní modelování katalytických procesů a pokročilé syntetické přístupy zaměřené na přípravu materiálů s vylepšenou katalytickou aktivitou a selektivitou. Reprezentativním příkladem této koncepce jsou nanomateriály na bázi uhlíku dopované lehkými hetero prvky, které představují třídu katalytických systémů bez kovů, s potenciálem katalyzovat řadu klíčových chemických reakcí v rámci environmentálních technologií.

Jednou ze strategických výzkumných oblastí jsou originální konstrukce katalyzátorů založených na nanočásticích a organických komplexech kovů s nekovalentními vazbami pro katalytické aplikace a studium strukturních a elektronických vlastností těchto supramolekulárních systémů.

Supramolekulární nanočástice obsahující různé ušlechtilé nebo přechodné kovy byly shledány jako vhodné katalyzátory pro širokou škálu reakcí: např. hydrogenace, hydrosilizace, hydrogenolysa, oxidační reakce a přímá přeměna energie fotonů na chemickou energii v palivových článcích.

Ústav chemických procesů AV ČR, v. v. i. a Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i. řeší projekt Přeměna sluneční energie na chemickou prostřednictvím technologie „umělého listu“. Princip „umělého listu“ spočívá ve využití slunečního svitu k rozkladu vody, tedy k přímé přeměně energie fotonů na chemickou energii. Tuto chemickou energii pak lze využít v palivových článcích nebo dalších aplikacích. Technologie „umělého listu“ využívá fotovoltaického článku pokrytého dalšími funkčními vrstvami. Fotovoltaické nanostruktury založené např. na křemíkových nanodrátech nabízejí řadu výhod, od účinného zachytu světla až po velkou reakční plochu. Předběžné pokusy potvrzují funkčnost konceptu, otázkou k dalšímu výzkumu je dosažení dostatečné účinnosti procesu a navržení takové struktury, která bude mít dlouhou životnost.

Nanokatalyzátory by mohly v brzké době zamezit například nepříznivým dopadům na životní prostředí, které jsou spojeny s uvolňováním emisí z elektráren, průmyslových podniků či automobilů. Tento problém je dobře řešitelný pomocí nanokatalyzátorů, které pracují při nízkých teplotách a za běžných podmínek. Nové hybridní nanostruktury najdou uplatnění jako vysoce aktivní katalyzátory při výrobě vodíku fotoelektrochemickým a elektrokatalytickým štěpením vody. V souvislosti s předpokládaným dynamickým rozvojem průmyslových biotechnologií je výzvou pro chemický výzkum příprava vhodných typů biokatalyzátorů.

Je třeba zkoumat možnosti rozvoje chemie založené na $\text{CO}_2 + \text{H}_2$ namísto $\text{CO} + \text{H}_2$ jako způsobu funkcionalizace uhlovodíků. Příprava uhličitánů a polykarbonátů z CO_2 nabízí přímý přístup na rozsáhlé trhy v chemickém a plastikářském sektoru. Katalytická karboxylace nabízí nové způsoby výroby karboxylových kyselin. Elektrokatalytická konverze CO_2 představuje další elegantní způsob použití oxidu uhličitého. Nedávný pokrok ukázal nejen schopnost snižovat CO_2 , ale také vytvářet vazby C-C během konverze, což je například otevření nových cest syntézy kyseliny octové. Pro komerční využití těchto procesů je třeba dosáhnout výrazného zlepšení konverze a selektivity.

V krátkodobém až střednědobém horizontu bude pokračovat rozvoj využití CO_2 , zejména v oblastech, které jsou technologicky pokročilejší (např. polymery obsahující CO_2 , hydrogenace CO_2). Konverze CO_2 bude mít také rostoucí úlohu při využívání obnovitelných zdrojů energie nebo při snižování nestability na síti (související s diskontinuální výrobou energie z obnovitelných zdrojů, tedy s chemickou konverzí jako způsobem skladování a distribuce energie).

Katalýza je klíčovým aspektem k překonání současných limitů. Je třeba vyvinout nové koncepty, jako je katalýza zabývající se vysoce energetickými druhy, jako jsou fotonové elektrony, fragmenty generované plasmou. Mnoho z těchto výzev v katalýze musí být překonáno konstrukcí nových materiálů. Nanokarbyny a katalyzátory typu jádro-obal jsou příklady tříd katalytických materiálů, které nabízejí mnoho nových možností pro vývoj koncepčně nových katalyzátorů, např. pro pokročilé operace s elektrony nebo fotony (elektro a foto-katalyzátory).

Intenzifikace procesu, která je definována jako „jakýkoli vývoj chemického inženýrství, který povede k podstatně menší, čistší, bezpečnější a energeticky účinnější technologii“, bude pravděpodobně další revolucí chemického průmyslu a jeho cílem je výrazné zvýšení v efektivním využívání zdrojů s ohledem na spotřebu materiálu a energie, což umožňuje ekonomičtější a udržitelnější procesy pro budoucnost. Potřeba efektivnějších procesů, včetně dalších flexibilních konstrukčních návrhů a současně zvýšení bezpečnosti a dopadu těchto procesů na životní prostředí, motivují průmysl k novému výzkumu v této oblasti. Zdokonalení transportních procesů v chemických reaktorech může hrát klíčovou roli v intenzifikaci procesu, což povede ke kompaktnějšímu a efektivnějšímu vybavení a umožní lepší integraci procesů, což zase povede ke snížení počtu procesních kroků (např. Multifunkčních reaktorů). Strukturní katalyzátory a reaktory poskytují velkou příležitost pro implementaci těchto strategií do průmyslové praxe. Byl již prokázán jejich potenciál významně zvýšit jak mezifázové rychlosti přenosu tepla a hmoty při zachování omezených možností tlaku, jakož i globálních výkonů přenosu tepla v měřítku reaktoru. Nové příležitosti pro budoucí aplikace strukturovaných katalyzátorů mohou vzniknout kombinací pokročilého modelování běžné geometrie reaktoru, schopného poskytnout přesný popis všech příslušných chemických a fyzikálních jevů na různé úrovni měřítka, s novými technologiemi aditivní výroby, které umožňují realizaci složitých a vysoce specializovaných geometrií zařízení. Příkladem je monolitický, membránový, mikro kanálový a hierarchický design, 3D tisk. Taková kombinace optimalizace modelu s přizpůsobenou výrobou by

vedla k procesnímu zařízení se zvýšeným výkonem, které lze použít jak u velkoobjemových speciálních chemických výrobních procesů, tak u mikrochemického výrobního procesu, stejně jako u vysoce inovativních energetických a environmentálních technologií zahrnujících chemické transformace.

Další výzvou je intenzifikace procesů s využitím molekulární katalýzy, která nabízí příležitosti pro energetickou a efektivní chemickou transformaci uhlíku, ale má dva hlavní současné limity: často omezenou produktivitu založenou na objemu reaktoru a omezenou schopnost realizovat vícestupňové chemické procesy. Molekulární katalýza nabízí také jedinečné možnosti oproti pevným katalyzátorům, pokud jde o pochopení reakčního mechanismu, a vývoj lepších katalyzátorů založených na znalostech. Některé z uvedených oblastí znamenají zlepšení současných katalyzátorů nebo jejich přizpůsobení novým surovinám, například při přechodu z ropných surovin na biologické suroviny. Některé oblasti, například při přímé přeměně metanu nebo při výrobě solárních paliv, však vyžadují nové typy katalýzy. Existuje mnoho dalších příkladů nových směrů katalýzy:

- foto nebo foto-elektro katalytické výroby obnovitelného vodíku
- nové katalyzátory pro přímou konverzi metanu
- nové syntetické katalytické strategie jako např. fotokarboxylace nebo integrace chemických elektrokatalytických kroků při regeneraci kofaktorů v enzymatických katalytických cyklech
- vývoj nových katalyzátorů pro stabilizaci a modernizaci katalytického krakování pyrolyzních olejů, které jsou odolnější vůči různým formám deaktivace

U konvenčních chemických procesů je třeba VaV zaměřit zejména na:

- čistotu paliv při rafinaci;
- katalýzu odstranění hlavních znečišťujících látek, jako jsou NO_x, CO, uhlovodíky, SO_x a tuhé částice na nízké úrovni;
- transformaci uhlovodíkových surovin na komoditní chemikálie a materiály při vyšší selektivitě, aby se zabránilo emisím CO₂;
- nové katalytické a ekologičtější procesy pro malotonažní a speciální chemikálie.

Řešit relevantní výzvy spojené s grafenem, zejména vývoj katalyzátorů pro přípravu nanostrukturovaných grafenů a použití grafenu jako katalytického povrchu.

Z dlouhodobého hlediska bude využívání CO₂ klíčovým prvkem udržitelného nízkouhlíkového hospodářství v chemických a energetických společnostech. Očekávaná změna surovinové základny při vyčerpávání zdrojů fosilního uhlíku vyvolává potřebu postupné evoluce struktury chemického průmyslu. Zcela nové výzvy pro vývoj v oblasti katalýzy přináší strategie tzv. solárně řízené chemie, která vychází z budoucího scénáře výroby chemikálií založené na nahrazení fosilních materiálů jako zdroje energie a surovin. Klíčovým aspektem tohoto scénáře je vytvoření krátkého cyklu využití obnovitelných zdrojů energie pro výrobu chemických látek a energetických vektorů. Jedná se o posun od selektivity "uhlíkových atomů" s ohledem na výchozí surovinu na vysokou energetickou účinnost při ukládání obnovitelné energie v chemických vazbách.

Významnou výzvou pro chemický výzkum katalyticky účinných procesů pro málo reaktivní nebo inertní molekuly jako je dusík, CO nebo alkany pro přípravu jako suroviny pro další výroby. Příkladem je fixace dusíku. Současné technologie výroby amoniaku jsou jedním z energeticky nejnáročnějších procesů, a navíc produkují emise. Výroba NH₃ za mírných podmínek, například elektro nebo fotokatalýzou s využitím obnovitelných zdrojů energie, by mohla významně změnit dopad výroby amoniaku na životní prostředí a současně poskytnout nový základ konkurenceschopnosti českého chemického průmyslu.

Možnou alternativou je selektivní parciální katalytická oxidace metanu reformními procesy produkující syntézní plyn o poměru H₂: CO 2: 1 vhodná pro syntézu methanolu a Fischer Tropsch syntézu. Průmysl má zájem vyvinout nové katalytické systémy pro selektivní parciální oxidaci odolné proti tvorbě uhlíkatých úsad. ČR má významnou fundovanou vědeckou základnu pro procesní inženýrství a vývoj katalyzátorů, včetně fotokatalyzátorů. Nové vědecké středisko zaměřené na nanokatalýzu bylo vybudováno v Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR Praha. Příkladem využití je přeměna CO₂ z ovzduší na metanol nebo na metan a podobně. Touto cestou lze odstranit i oxid uhelnatý z výfukových plynů či zjednodušit syntézu různých látek. Existuje celá řada dalších

vědeckých pracovišť, které se zabývají výzkumem v oblasti katalyzátorů. Patří mezi ně Institut environmentálních technologií VSB – TU Ostrava, Unipetrol výzkumně vzdělávací centrum, a.s. vybavené šestnácti univerzálními čtvrt provozními jednotkami s procesními analyzátory a řídicím systémem. Toto vybavení je v rámci střední Evropy unikátní. Dále se jedná o oddělení katalýzy a reakčního inženýrství Ústavu chemických procesů AV ČR, v. v. i., VŠCHT Praha.

Výrobní kapacity v ČR jsou nižší, řada speciálních katalyzátorů je dovážena. Výroba katalyzátorů patří mezi nejnáročnější malotonážní výroby, na druhé straně může přinést vysokou přidanou hodnotu. V současné době je v ČR pouze jediný výrobce heterogenních katalyzátorů Společnost Euro Support Manufacturing Czechia, s.r.o., která je dceřinou společností nizozemské společnosti Euro Support BV. Zabývá se především výzkumem a výrobou moderních katalyzátorů pro chemické procesy. Výzkum je zaměřen na využití zeolitických a mesoporézních struktur (nanostruktur) pro katalyzátory.

Hlavní trendy budoucího vývoje:¹⁸

Vývoj integrovaných fotokatalytických nebo fotoelektrochemických zařízení k výrobě vodíku. Výzvou je vyvinout jak levné materiály pro pohlcování slunečního záření, tak nové katalyzátory, a pak je integrovat do zařízení s celkovou účinností využití:

- slunečního záření na přípravu vodíku alespoň o 20 % vyšší, aby bylo možné konkurovat fotovoltaice nebo technologii elektrolýzy
- katalytické procesy pro efektivní využití uhlíkatých energetických surovin
- příprava katalyzátorů pro palivové články typu PEM
- vývoj termických a netermických katalyzátorů (elektro a fotokatalyzátorů) pro selektivní konverzi nízko kvalitní suroviny (např. biomasy, glycerín glycerol atd.) na chemikálie s vysokou přidanou hodnotou.
- vyvinout nové katalyzátory pro stabilizaci a modernizaci katalytického krakování pyrolýzních olejů, které jsou odolnější vůči různým formám deaktivace

Bariéry:

- Nižší výrobní kapacity v ČR (disproporce s rozsahem řešených výzkumných úloh)
- Náročnost vývoje
- Řada zahraničních chemických technologií je závazně provázána s určitým katalyzátorem

3.2.5 Hnojiva pro udržitelné zemědělství

Na Zemi žije v současnosti 7,6 miliardy lidí. Do konce století se podle studie OSN počet lidí na Zemi zdvojnásobí až na 16,5 mld. Do roku 2050 se počet lidí vyšplhá k 10mld. Rapidní růst populace ve 20. století zapříčinilo hned několik faktorů, zejména moderní medicína a vzestup životní úrovně spojený s používáním umělých hnojiv a fosilních paliv. Tyto faktory napomohly tomu, že výrazně stoupl počet lidí, kteří se dožili reprodukčního věku. Svůj podíl na tomto trendu sehrály změny v porodnosti, migrace, nebo urbanizace. Očekává se, že rostoucí globální populace bude do roku 2030 požadovat o 35 % více potravin. Stále vyžadovanějším druhem potravin v souvislosti s rostoucími příjmy obyvatel jsou rostlinné oleje, mléčné výrobky, maso, ryby a cukr, jejichž rostoucí spotřeba bude mít obzvlášť významný dopad na dostupnost energie a vody. S růstem populace a ekonomické úrovně se do roku 2030 očekává zvýšení celosvětové poptávky po vodě o 40 % a energie o 50 %.

Vzájemné propojení mezi trendy v oblasti změny klimatu a dostupností zdrojů posiluje dopad na změny klimatu, které by mohly v příštích 60 letech vést ke snížení produktivity zemědělství v rozsáhlých částech Afriky až o třetinu, s potenciálními dopady na migraci a sociální soudržnost současných společností. Imperativem současné doby není tak nedostatek ropy, jako hrozící nedostatek potravin a pitné vody.

¹⁸ SCIENCE AND TECHNOLOGY ROADMAP ON CATALYSIS FOR EUROPE, říjen 2016

Výroba syntetických minerálních hnojiv.

Zabezpečení dostatečného množství potravin pro existující a budoucí populaci v našem regionu, ale i v EU je jedním z klíčových cílů z hlediska udržitelnosti životní úrovně, hospodářského růstu, potravinové soběstačnosti a také národní bezpečnosti. Poptávka po potravinách má rostoucí charakter, a to nejen díky zvyšování lokální spotřeby, ale i kvůli exportu potravin do jiných, rychle se rozvíjejících částí světa. Výměra zemědělské půdy v regionu nemá potenciál dalšího růstu. Naopak, dochází k relativně dramatickému snižování výměry zemědělské půdy využíváním na jiné než zemědělské aktivity, anebo k pěstování plodin na jiné než potravinářské účely. Příkladem je výstavba průmyslových zón v okolí měst nebo produkce biopaliv ze zemědělských produktů. Z těchto důvodů není možné zabezpečit dostatek potravin extenzivním způsobem hospodaření na zemědělské půdě a je nevyhnutelné zvyšovat hektarové výnosy zemědělských plodin. Jednou ze základních podmínek zvyšování výnosů zemědělské produkce je zabezpečení dostatečného množství živin pro potřeby výživy jednotlivých zemědělských plodin, a to bez negativního dopadu na kvalitu půdy, vody, ovzduší a také zdravotního stavu obyvatel.

Důležité je také zaměření na snižování ztráty živin do okolního prostředí, mimo jiné s ohledem na kvalitu ovzduší a vody. Je třeba rovněž zachovat potravinovou bezpečnost. Účinným nástrojem ke snižování ztrát živin je zaměření se mimo jiné na nejlepší způsoby hnojení, šíření podpůrných technologií a služeb či podporu vyspělých hnojiv zaměřených na určité plodiny, to vše spojené s metodami chytrého zemědělství, novými nástroji a daty v reálném čase.

I. Suroviny pro výrobu minerálních hnojiv

Základními složkami minerálních hnojiv (makroživinami) jsou prvky – dusík (N), fosfor (P), draslík (K) a síra (S), dále pak také vápník (Ca), hořčík (Mg) a další nezbytné prvky v řádově menším zastoupení (mikroživiny) jako např. bór (B), zinek (Zn), mangan (Mn), železo (Fe) a další.

Dusík – Výroba čpavku

Z hlediska spotřeby hmoty makroživin a jejich významu ve vztahu k rostlinné produkci je nejdůležitějším prvkem minerálních hnojiv dusík. Jako zdroj dusíku pro výrobu minerálních hnojiv slouží vzdušný dusík, který se do minerálních hnojiv zapracovává přes čpavek. Čpavek je tedy základní surovinou pro výrobu dusíkatých minerálních hnojiv. Ze čpavku se oxidací vyrábí kyselina dusičná a z kyseliny dusičné a čpavku pak dusičnan amonný, který je základní chemikálií pro výrobu dusíkatých hnojiv v rámci EU. V našem regionu je pouze jeden výrobce čpavku – Unipetrol RPA, který jako surovinou bázi využívá část ropných zbytků. Z důvodu využívání právě této suroviny je ale produkce čpavku zatížena vyššími emisemi skleníkových plynů. Aktuálně nejvýhodnější surovinou na výrobu čpavku je zemní plyn, a to jak z hlediska výrobních nákladů, tak také z hlediska emisí skleníkových plynů. Největší hrozbou v blízké budoucnosti bude cena zemního plynu dodaného do EU. Tato základní surovina – zdroj vodíku pro výrobu čpavku je aktuálně v EU na více než dvojnásobku jeho ceny v Rusku, USA nebo Číně. EU se musí v současnosti chránit cly, a tak to musí zůstat i do budoucna. Pokud bude zdrojem vodíku v budoucnu v EU výlučně elektrolýza, bude to otázka dostupnosti této suroviny pro výrobce vzdálené obnovitelným zdrojům energie (vnitrozemí EU, tj. i naše ČR).

S ohledem na přijatou koncepci transformace evropského průmyslu a ekonomiky obsaženou v Evropské zelené dohodě – EGD, kdy jedním ze základních kamenů budoucího fungování evropského průmyslu bude jeho dekarbonizace a eliminace využívání fosilních paliv jako zdroje nežádoucího oxidu uhličitého, bude vodík – základní surovinou pro výrobu čpavku nutné získávat z alternativních, tj. obnovitelných zdrojů. Základní „chemickou“ technologií pro získávání vodíku pro výrobu čpavku bude elektrolýza, kde hlavním zdrojem energie bude přednostně energie větru. Z této skutečnosti lze odhadnout pravděpodobnou lokalizaci většiny budoucích zdrojů výroby vodíku na bázi obnovitelných zdrojů energie v EU, a to v pobřežních oblastech Severního moře a Atlantiku.

S ohledem na výše uvedené skutečnosti lze konstatovat, že současný světový vývoj v oblasti vývoje „nových“ technologií na výrobu čpavku jako základní suroviny pro výrobu dusíkatých hnojiv se

odehrává nejenom s cílem dalšího snižování energetické náročnosti technologického procesu, ale přednostně ve světle koncepce EGD s cílem radikálního snížení emisí skleníkových plynů, v tomto případě oxidu uhličitého. Existuje více alternativních koncepcí nových technologií, které mají potenciál být v horizontu roku 2030 průmyslově využívané, prostor na rozvoj těchto technologií je v současné době však více u dodavatelů licencí a know-how, ze kterých ani jeden nesídí v ČR.

Fosfor – „Živina budoucnosti“

Dalším významným prvkem (makroživinou) pro výrobu minerálních hnojiv je fosfor. V současné době není v portfoliu žádného výrobce minerálních hnojiv v ČR výroba fosforečných hnojiv založených na zpracování fosforečné suroviny (fosfátů) chemickou cestou. Objemově omezená výroba N–P–(K) hnojiv v ČR využívá pouze již hotových fosforečných produktů pro výrobu směsných hnojiv. V ČR nejsou žádné z přírodního prostředí těžitelné zdroje fosforu. Na území EU se pak velmi čistá „vyvřelá“ fosforečná surovina (apatit) vhodná pro výrobu minerálních fosforečných hnojiv nachází na poloostrově Kola a v jeho blízkém okolí, čehož využívají Rusko a Finsko, resp. Norsko. Další významné zdroje méně kvalitních sedimentárních fosfátů (tzv. fosforitů) dovážených do EU pochází ze zemí severní Afriky (Maroko, Alžír, Tunis, Egypt) a Blízkého východu. Tyto fosfáty jsou v rámci EU ale omezeně využitelné, a to často díky vyšším obsahům těžkých kovů, které se v těchto sedimentárních horninách vyskytují, a které limituje aktuální EU legislativa. Zásadním problémem těchto fosfátů je obsah kadmia (Cd), které je jako potenciálně významně škodlivá látka ohrožující lidské zdraví legislativně limitována v minerálních hnojivech na relativně velmi nízké hodnotě, a navíc je přímo propojena s obsahem účinné fosforečné složky, což znamená, že obsah kadmia nejde ve výsledné receptuře minerálních hnojiv „naředit“, protože by to znamenalo také snížení obsahu účinné fosforečné složky. Praktickým důsledkem této skutečnosti je nutnost přednostně kadmium (příp. další těžké kovy) ze sedimentárních fosfátů v budoucnu odstraňovat, což bude znamenat dodatečné náklady na tzv. dekadmiální technologie a tím dojde k dalšímu prodražení dnes již tak relativně „drahé“ a složitě dostupné suroviny. Tyto technologie jsou již řadu let vyvíjené a know-how s nimi spojené je ve většině případů ve vlastnictví těžebních společností, které tyto fosfáty již také zpracovávají nebo pak několika málo společností v EU, které z těchto fosfátů vyrábí NP(K) hnojiva chemickou cestou.

Disponibilita fosforu na trhu v EU není stabilní a fosfor je ve všeobecnosti považovaný za nedostatkovou surovinu a již dnes se o něm hovoří jako o „živině budoucnosti“, která by mohla při jejím nedostatku limitovat v budoucnu výkonnost zemědělské produkce. Je velmi pravděpodobné, že „chemická“ výroba fosforečných hnojiv se zcela přesune ke zdrojům této suroviny, tj. mimo území EU. Do EU se pak budou dovážet již hotová hnojiva – např. amofosy (fosforečnany amonné).

Díky výše uvedeným skutečnostem se již řadu let neustále pracuje na vývoji technologií zajišťujících fosforečnou surovinu z druhotných zdrojů, což je plně v souladu se zásadami v EU nově přijaté Cirkulární ekonomiky. Zdrojem fosforu jsou v tomto případě čistírny odpadních vod (ČOV) nebo bioplynové stanice. Výzkum v této oblasti má proto v současné době velký význam. Aktuálně je potřebné vyvinout nové postupy získávání vhodné formy fosforu, a to bez kontaminace nežádoucími biologicky aktivními látkami. Zároveň je potřebné docílit takové výše výrobních nákladů, které mohou konkurovat konvenčním zdrojům.

V současné době jsou již komerčně využívány např. kalcinované kaly z ČOV, které jsou z pohledu obsahu aktivní fosforečné složky srovnatelné s přírodními fosfáty. Problémem ale zůstávají proměnlivé a často nevyhovující obsahy těžkých kovů, které znemožňují jejich využití při výrobě minerálních hnojiv. Jiným způsobem získávání fosforečné suroviny je jeho selektivní srážení z odpadních vod v podobě struvitu ($\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Tyto technologie již byly testovány v minulosti na několika místech světa (včetně EU), problémem u nich ale zůstává vyšší nákladovost výroby ve srovnání s vytěženými fosfáty.

Z výše uvedeno výčtu alternativních technologií získávání fosforečné složky pro výrobu minerálních hnojiv, která vyhovuje současné legislativě EU, je ale zřejmé, že se jedná pouze o náhradu malého procenta potřeb fosforu v zemědělství, kdy hlavní zdroj fosforu pro výrobu minerálních hnojiv v EU bude muset v blízké budoucnosti i nadále pocházet z vytěžených surovin dovezených do zpracovatelských kapacit EU z Ruska nebo oblastí mimo EU.

Draslík

Surovinovým zdrojem draslíku je pro výrobu minerálních hnojiv využíván téměř výlučně chlorid draselný z mořských solných depozitů. Jeho chemické složení a kvalita se s ohledem na místo výskytu různí, ale vzhledem k jeho dobré rozpustnosti ve vodě nebývá při výrobě minerálních hnojiv zásadním problémem. Těží se na mnoha místech světa, v EU se jedná ve vztahu k našemu regionu zejména o Bělorusko a Rusko, kde se nachází velmi kvalitní sůl, dále pak Německo, ale také Itálie (Sicílie), Španělsko, Francie či Velká Británie. Vytěžené suroviny bývají často s ohledem na chemické složení v prvním kroku rafinovány a následně fyzikálně upraveny (mletí, třídění, povrchová nespékává úprava). V této podobě je draselná surovina většinou volně ložená v lodích a vlcích dopravována k výrobcům minerálních hnojiv. Vývoj technologií včetně know-how pro zušlechtnění vytěžené draselní soli je výlučně v rukách těžařských firem.

Síra

Význam hnojiv s obsahem síry již po zhruba dvě desetiletí v našem regionu roste, a to díky snižování emisí síry v podobě oxidu siřičitého při výrobě elektrické energie založené spalování hnědého uhlí. Síra se tak ve výživě rostlin již před řadou let etablovala jako regulární makroživina a hnojiva se sírou jsou ve výrobním portfoliu většiny výrobců dusíkatých hnojiv. V EU se jako zdroj síry pro výrobu minerálních dusíkatosírných hnojiv používá přednostně síran amonný. Ten se získává jako vedlejší produkt při výrobě kaprolaktamu (v ČR Spolana a.s.), anebo také při výrobě koksu. V horizontu 2030 se očekává nedostatek této suroviny způsobený zejména zvyšováním její spotřeby, ale i omezením výroby koksu v EU. Alternativou k využití krystalického síranu amonného je jeho cílená výroba z kyseliny sírové a čpavku. Této technologie dnes již běžně výrobci minerálních hnojiv využívají. Zajímavým zdrojem síranu amonného jako základní sírné suroviny pro výrobu minerálních hnojiv může být v budoucnosti také konverze tzv. energosádrovce (síranu vápenatého), který odpadá jako produkt odsíření uhelných elektráren na síran amonný a uhličitan vápenatý. Obě tyto látky mají využití při výrobě minerálních hnojiv.

Vápník a Hořčík

Konvenčním zdrojem vápníku a hořčíku pro výrobu syntetických minerálních hnojiv je vápenec, dolomit nebo magnezit. Zdroje těchto surovin jsou v našem regionu dostatečné, a to i v horizontu do roku 2030. Kvalita těchto surovin je ale různá. Některé zdroje vápníku jsou např. natolik čisté, že jsou vhodné i pro velmi náročné technologie (např. sklářské) a jde z nich vyrábět i některé plně vodorozpustná minerální hnojiva určené pro aplikaci v podobě roztoků (např. dusičnan vápenatý). Jiné zdroje jsou více či méně znečištěné řadou příměsí anorganického původu, což v případě výroby minerálních hnojiv určených pro polní aplikaci, kde se tyto látky vesměs používají jako inertní plniva, nevadí. V některých případech je ale znečištění těchto surovin pocházejících z Českého masivu doprovázeno přítomností organických látek charakteru bitumenů, a to již při výrobě dusíkatých hnojiv na bázi kyseliny dusičné vadit může (vyšší ztráty surovin, emise NO_x apod.). Zde se otevírá prostor pro podporu výzkumu a vývoje nových technologií, které umožní zpracovat i takto organickými látkami znečištěné a jinak z pohledu anorganického velmi kvalitní suroviny.

II. Odhadovaný vývoj ve využívání výrobních technologií

Vývoj technologií pro výrobu minerálních hnojiv bude v budoucnu nutné (podobně jako v současnosti) směřovat k následujícím cílům:

- Snižování znečištění ovzduší, vody a půdy (legislativa EU)
- Zvyšování úrovně bezpečnosti provozování (legislativa EU)
- Využívání alternativních surovinových a energetických zdrojů (legislativa EU – „Cirkulační ekonomika“)
- Efektivnější využívání surovinových a energetických zdrojů (tlak na ceny surovin i produktů)
- Zavádění nových produktů (tlak na inovace s cílem zajistit vyšší komfort pro konečného uživatele)

Tento vývoj je již v současné době a nadále bude podmíněn politickým a společenským tlakem (Pařížská úmluva, úmluva Seveso, legislativa REACH, nitrátová směrnice EÚ, Zelená dohoda pro Evropu) stejně tak, jako i tlakem provozovatelů na udržení nebo zlepšování pozice na trhu a ekonomické efektivity výrob. Pokud výrobní technologie nedokážou splnit uvedené cíle, jejich provozování může být ukončeno, ať už v důsledku nesouladu s budoucí legislativou, anebo jako důsledek konkurenčního boje. Z hlediska udržení úrovně našeho regionu, jeho zaměstnanosti, a sociálních standardů je důležité podporovat výzkum a vývoj technologií ve směru ke splnění výše uvedených cílů.

Hlavní směry budoucího vývoje:

- změna struktury zemědělských plodin (snížení požadavku na dusíkatá hnojiva)
- zvýšení podílu genetiky upravovaných plodin (snížení požadavku na pesticidy)
- vývoj chemikálií pro lepší zadržování vody v krajině
- vývoj chytrých hnojiv s malým dopadem na životní prostředí
- vývoj vyspělých hnojiv zaměřených na určité plodiny
- výzkum zaměřený na nechemické způsoby ochrany rostlin

Hrozby a bariéry:

- cena zemního plynu dodaného do EU vs jeho cena v Rusku, příp. Číně nebo USA
- dostupnost surovin pro chemickou výrobu fosforečných hnojiv → dovoz hotových fosforečných hnojiv z oblastí mimo EU
- Pokles výkonnosti tuzemského zemědělství vlivem omezení využívání hnojiv a pesticidů

3.3 Horizontální témata

Při formulaci horizontálních témat pro účely této Cestovní mapy jsme se vzali v potaz již námi v předešlém období definované globální trendy vývoje ve světě, které ovlivňují a budou i nadále ovlivňovat naši budoucnost. Je zde ovšem třeba zmínit, že tyto trendy, resp. jejich vnímání se v roce 2020 zásadně přeměnilo. Důvody jsou dva: Jeden účelově připravený novou evropskou politickou reprezentací, známý pod zkratkou EGD. Druhým důvodem je pokračující pandemie způsobená virem Covid 19, před rokem neznámým „ad hoc“ faktorem.

Zásadní strategická rozhodnutí, která ovlivní vývoj nejenom chemického průmyslu příštích 30 let, jsou přijímána bez zpracování dopadových studií, nejsou zohledněny specifické podmínky jednotlivých států (např. Farm to Fork), nejsou respektována stanoviska a připomínky resortních ministerstev ani odvětvových svazů. Podle sdělení orgánů EU konkrétní legislativní návrhy k jednotlivým kapitolám EGD budou doprovázeny dopadovými studiemi. SusChem CZ nabídl spolupráci při zpracování dopadových studií.

Problém legislativy

Jednou z hlavních překážek rychlejšímu rozvoji výroby nových materiálů a nových procesů je dosud nedořešená legislativa v oblasti bezpečnosti v celém životním cyklu (včetně recyklace) a také nedostatečná standardizace metod posuzování účinnosti a životnosti těchto zcela nových materiálů. Z toho pramení i určité obavy veřejnosti o bezpečnost výroby a aplikace takových materiálů jako jsou např. nanomateriály (NM). Řešení otázek rizik spojených s aplikací NM dlouhodobě pokulhává za samotným vývojem nanotechnologií.

Standardizace

Je třeba vyvinout nové standardy specifické pro odlišné technologické a aplikační oblasti a důsledně odkazovat na stávající normy v konkrétních oblastech, jako jsou normy ASTM, ISO, IEC. Zavedení nových materiálů a technologií iniciuje rovněž potřebu nových norem a předpisů, které se ve stávajících systémech dosud nepředpokládají. Obecné a zavedené charakterizační nástroje pro hodnocení výkonu a bezpečnosti jsou zásadní pro definování zkušebních a certifikačních metod specifických pro různé provozní prostředí, v různých odvětvích a zejména pro nejkritičtější oblasti

použití z hlediska veřejné bezpečnosti, a nakonec pro prokázání souladu nových materiálů a procesů s normami a předpisy. Co se týče bezpečnosti, je možné účinnou synergii různých aktérů působících v dané oblasti s jejich vlastními zvláštními rolemi, včetně iniciativ Evropské komise, navrhnout a naplánovat společný, rozumný a schválený soubor nástrojů pro hodnocení bezpečnosti např. nanotechnologií. Příkladem pro potřebné změny české legislativy je Zákon o ochraně veřejného zdraví. Nezahrnuje možnosti použití nových inovativních technologií k prevenci šíření infekčních onemocnění. České nanotechnologické firmy disponují vedle často zmiňovaných nanovláknenných respirátorů a ústních roušek, také nanotechnologiemi pro čištění vzduchu pomocí fotokatalýzy od organických nečistot včetně virů a bakterií a dalšími řešeními, která mohou významně snížit riziko nákazy infekčními nemocemi.

Vzdělávání

Realizace inovací a modernizací v souladu se zmíněnými megatrendy bude vyžadovat rekvalifikaci a zvyšování kvalifikace pracovníků podílejících se na výrobě a používání chemikálií směrem k zelené a digitální transformaci. Rozvoj a povědomí o udržitelné chemii jsou možné pouze za předpokladu, že nastupující generace bude znát principy, metody a techniky udržitelné chemie a technologie, kdy se veřejnost nebude bát výrazů „chemie a chemický“ a spojovat je s něčím negativním.

V budoucnu bude každá práce zelenou prací ve smyslu, že bude v různé míře přispívat k neustálému zlepšování energetické účinnosti a účinnosti zdrojů. Je však nutné vzít v úvahu, že pochopení dopadu povolání na udržitelnost je třeba začlenit do systémů vzdělávání a odborné přípravy, které podporují spolupráci mezi vzdělávacími zařízeními a podniky. Kromě rozvoje zvláštních odborných znalostí v otázkách životního prostředí a udržitelnosti a zelené ekonomiky (např. posuzování vlivů na životní prostředí, ekonomika udržitelnosti, technologie, právo a politika) je také třeba zvýšit povědomí a know-how ve všech oblastech práce (např. procesní manažeři, designéři, dělníci v továrně a servisní pracovníci), aby bylo zajištěno, že dopad na udržitelnost bude maximalizován ve všech úkolech a profesích.

V kontextu zelené ekonomiky zaměřené na vytváření nových pracovních míst a dovedností a na podporu novým paradigmatům vzdělávání představuje cestovní mapa SUSCHEM CZ (ČTP SusChem) klíčovou iniciativu českého chemického průmyslu:

- Navrhování vhodných vzdělávacích zdrojů, které mohou být používány na vysokoškolské a postgraduální úrovni, a celoživotní učení k rozvoji potřebných dovedností k posílení udržitelných inovací;
- Šíření osvědčených postupů ve vztahu k metodice výuky, návrhu učebních osnov, vývoji vztahů mezi průmyslem a akademickou obcí;
- Vzdělávací programy se zvláštním zaměřením na obchodně orientované programy;
- Posílení technických, vědeckých, inovačních a podnikatelských dovedností budoucích generací vědců, inženýrů a technologů;

Jako příklad může sloužit projekt SCHP ČR „Vzdělávání v chemickém průmyslu“ financovaný z Evropského sociálního fondu prostřednictvím Operačního programu Zaměstnanost a státního rozpočtu ČR.

Financování

Vzhledem k vysokému objemu potřebných finančních prostředků pro další výzkum, vývoj a realizaci opatření uvedených v CM bude třeba optimalizovat využívání všech dostupných zdrojů financování – od fondů EU, národních zdrojů, zdrojů soukromého sektoru a účasti bank. Tyto prostředky na výzkum alokovat přednostně tam, kde existuje potenciál realizace jeho výsledků v ČR. Program Cestovní mapy bere v úvahu dobu potřebnou pro výzkum, vývoj a přípravu inovativní a modernizační investice a její rizikovost. Chce také ukázat směry případné podpory a aktivizovat do těchto směrů možné investory.

Je třeba novelizovat stávající zákon o podpoře VaVaI, kterým je řízen systém veřejné podpory VaVaI. Prvním důvodem je, že novelou zákona č. 110/2009 Sb. byly do zákona o podpoře VaVaI zavedeny pojmy týkající se inovací, ale zákon sám žádnou právní úpravu postupu a podmínek pro poskytování dotací inovacím nadále neupravuje a nestanovuje ani odpovědnost za ně na úrovni ústředního orgánu státní správy. Tyto změny budou provázány se zavedením dalších nedotačních nástrojů podpory

(půjčky, záruky atd.) a novelizací příslušných právních předpisů. Druhým důvodem je potřeba zavedení systematického hodnocení programů účelové podpory, zejména hodnocení jejich dopadů a přínosu využití jejich výsledků. Třetím důvodem je zjednodušení administrativy VaVaI tam, kde je dána požadavky zákona, zejména ve veřejné soutěži ve VaVaI a při implementaci inovačních programů, kde je potřeba standardní proces zrychlit a zjednodušit. Mezi další potřebné změny patří v souladu s evropskou legislativou i zajištění otevřeného přístupu k výsledkům VaV financovaného z veřejných zdrojů.

Bude potřeba rozšířit získávání a uplatňování dalších zdrojů financování VaVaI. V současné době je celá státní podpora VaVaI realizována formou dotací a daňovými zvýhodněními. ČR nevyužívá další formy podpory (půjčky, subvence úrokových sazeb, záruky aj. formy uvedené v přímo použitelných předpisech EU).¹⁹

Na národní úrovni přijmout potřebná opatření k ochraně těch výrobců zejména výrobců strategických pro ČR, kterým hrozí v důsledku oslabení vlivem pandemie Covidu-19 a s tím související celosvětové ekonomické krize zastavení výroby nebo převzetí zahraničním majitelem, který by představoval pro ČR bezpečnostní riziko.

V ČR je poměrně rozvinutí základna VaV, existují tisíce zajímavých publikací, ne všechny však navazují na konkrétní požadavky průmyslu nebo na reálnou možnost jejich využití v podmínkách relativně malé ČR. Také NRIS3 je stále velmi široká a neodpovídá reálným možnostem české ekonomiky. Koordinace vývoje českého chemického průmyslu je bezesporu náročná s ohledem na vysoký podíl zahraničního vlastnictví výrobní základny.

SUSCHEM CZ je již zavedenou a respektovanou institucí, která efektivnímu propojení VaV s průmyslem může a musí sloužit, včetně podpory MSP a rozšíření mezinárodní spolupráce.

4 Očekávané přínosy a rozsah zapojených zdrojů a schopnost využít další investice do výzkumu a inovace

Cílem CM je zajistit udržitelnost českého chemického průmyslu a zaměstnanosti i v podmínkách obnovy hospodářství po hospodářské krizi v důsledku pandemie Covid-19 a nutnosti realizovat opatření vyplývající z megatrendů uvedených v kapitole 2, zejména EGD.

Cílem strategie 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.

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
- EU si stanovila ambiciózní cíl do roku 2035 recyklovat 65 procent komunálních odpadů
- Postupně nahradit ropu (fosilní paliva) s cílem 30% náhrady do roku 2030

¹⁹ Národní politika výzkumu, vývoje a inovací České republiky 2021+

- Položení základů ekonomiky CO₂ využitím CO₂ jako obnovitelné energie a suroviny, což podstatně snižuje tlak na fosilní paliva, biomasu a využívání půdy
- Snižování spotřeby neobnovitelných primárních surovin až o 20 % ve srovnání se současnou spotřebou zvýšením výtěžků chemických a fyzikálních transformací a / nebo použitím sekundárních (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
- Zákaz skládkování odpadů od roku 2028 (v ČR se jedná o posunutí do roku 2030)
- V roce 2030 pak pravděpodobně dojde i k celoevropskému omezení skládkování na pouhých 10 %.
- 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 %.

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
- 10 až 20% nižší výrobní čas a 10 % méně of gradů prostřednictvím senzorů a použitím lepších žáruvzdorných materiálů
- O 30% vyšší využití aktiv větrných a solárních zařízení prostřednictvím výroby vodíku
- O 20% vyšší efektivita zdrojů prostřednictvím efektivnějších pecí, pecí, kotlů, odlučovačů, čerpadel, výměníků tepla a systémů hospodaření s teplem
- Snížení celkových emisí skleníkových plynů v ČR o 80–95 % do roku 2050 v porovnání s rokem 1990
- Zvýšit účinnost přeměny energie u komerčních fotovoltaických článků o 10 %
- 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
- Zvýšit míru recyklace na 50 %

Rozsah zapojených zdrojů

Zatímco český chemický průmysl již v minulých letech značně investoval do zdokonalených výrobních závodů, zelená a digitální transformace vyžaduje další významné investice pro toto odvětví. Navíc výrobní základna postupně zastarává a její modernizace spolu se zaváděním další digitalizace (Průmysl 4.0) vyžaduje další velké investice. ČR si klade za cíl překonat podíl investic ve výši 20 % do digitální transformace v rámci plánu obnovy, jelikož investice do klíčových technologií a jejich rozvoj jsou národní prioritou. Podporovány jsou investice do umělé inteligence, nízkouhlíkových vodíkových technologií a komercializace vývoje pokročilých materiálů a procesů. V roce 2019 celkové hmotné investice českého chemického průmyslu dosáhly 30,723 mld Kč, což představovalo výrazný pokles proti roku 2018.(61 %). V roce 2018 bylo investováno 50,520 mld Kč ¹⁰). Pokles investování může být zásadním pro dosahování tržeb a rozvoj v těchto odvětvích.

Potřebné investiční výdaje na modernizaci stávající výrobní základny chemického průmyslu ČR a v CM navrhované inovace nebyly dosud komplexně odhadnuty. Existuje studie předpokládaných investičních výdajů na vytvoření adekvátních pracovních míst jako náhrada za zaniklá místa vlivem zelené transformace ekonomiky. V adaptivním modelu ve výchozím scénáři byly potřebné prostředky odhadnuty až na 216,9 miliard Kč v letech 2023-2030. Studie je zpracována ve třech úrovních scénáře, které uvažují se ztrátou o 11 0328 až 32 450 pracovních míst.

Celková zátěž pro veřejné rozpočty v letech 2023 až 2030 byla odhadnuta v rozmezí 43,4 miliard Kč až 216,9 miliard Kč závislosti na zvolené míře participace podniků.²⁰⁾

Potřeba investic na modernizaci a inovace výrobní základny českého chemického průmyslu v období 2021-2030 byla předběžně odhadnuta ve výši 455 mld Kč. Ne všechny uvažované modernizační a inovační technologie budou založeny na vlastním výzkumu, řadu ověřených technologií a speciálních zařízení bude nutno realizovat dovozem. O realizaci strategických investic rozhodují majitelé výrobních firem, z nichž významnou část tvoří zahraniční majitelé. Ti často využívají komparativních výhod podnikání v ČR (např. nižší cena pracovní síly, nižší cena elektřiny, investiční pobídky a další). Výzkumné a inovační strategie podniků jsou často zastřena firemním tajemstvím.

Evropské peníze mají v rámci připravovaného Národního plánu obnovy (NPO) pomoci restartu hospodářství po koronavirové krizi, zaměřit do šesti oblastí, a to především do investic. Největší část z celkem 182 miliard korun, konkrétně 118,1 miliardy korun, má jít do pilíře Fyzická infrastruktura a zelená transformace.^{20, 21}

Podmínky pro čerpání evropských fondů jsou poměrně přísné. Mimo jiné se požaduje mít jasně definovaný očekávaný výstup reformy/investice, navázaný na alespoň jeden z hlavních cílů Recovery and Resilience Facility (RRF):

- Vybudování státní odolnosti
- Obnova státní ekonomiky, zejména zvýšení HDP a snížení nezaměstnanosti
- Podpora zelené transformace
- Podpora digitálního rozvoje

Dále se požaduje mít jasnou představu o investičních požadavcích a formulovat je ve formě ucelených transformačních komponent, mít definované ukazatele pomocí kterých se bude měřit účinnost reformy/investice. Nejzazší termín dokončení investice je požadován rok 2026.

Na přípravu NPO bylo poměrně málo času, a navíc se uskutečnilo v období kdy příslušná ministerstva, a hlavně podniky řešily problémy s pandemií.

Využití peněz v rámci NPO má pro Česko řadu výhod. Tou největší je, že vláda nemusí pro jejich získání přidat ani korunu navíc ze státního rozpočtu. SCHP ČR předložil návrh řady projektů pro čerpání z Fondu obnovy v celkové hodnotě 35 mld. Kč. Mezi hlavní předložené projekty patří náhrada stávající hnědouhelné teplárny za plynovou nebo modernizace vodního hospodářství v Unipetrol RPA s.r.o.

Složitost chemického průmyslu je dána mimo jiné velkým počtem různých zpracovávaných produktů. Často je uhlík nedílnou součástí procesu výroby a není možné ho ničím nahradit, procesní emise pak nesouvisející se spalováním. Pokud bychom v chemii chtěli nahradit zdroje na výrobu elektřiny a tepla nefosilními zdroji a „elektrifikovat chemii“ potřeba jen u 5 vybraných českých společností by byla 1 750 GWh zelené energie za rok.²²

Předpokládané výdaje na výzkum:

V roce 2019 vynaložili členové EU na výzkum a vývoj přes 306 miliard eur, což je 2,19 % HDP.

V roce 2019 na výzkum a vývoj prováděný na našem území bylo vynaloženo 111,6 mld. Kč, což je 1,94 % HDP. Podniky investovaly na aktivity VaV ze svých zdrojů v roce 2019 bezmála 65 mld. Kč, a to především do vlastního vnitropodnikového VaV. Dle statistik Českého statistického úřadu²³ bylo

²⁰ ING. PAVEL PETERKA 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

²¹ Silvana Jirotková, Daniel Beneš: Příprava Hospodářské strategie a Národního plánu obnovy, Praha 19. srpen 2020

²² Ing Jaroslav Suchý. Akční plán pro přechod na zelený chemický průmysl ... aneb Zelená výzva pro chemii, 72. sjezd chemiků 20.9.2020

²³ Statistické ukazatele ČR za rok 2019, ČSÚ, 2020

z veřejných tuzemských zdrojů v roce 2019 vynaloženo rekordních 37,6 mld. Kč (34 %), ze zahraničních veřejných prostředků 8,1 mld. Kč (7 %), ostatní zdroje do 1 %. Soukromé výdaje systému VaVaI jsou vynakládány převážně v soukromé sféře, což může značit nízkou efektivnost spolupráce soukromé a veřejné sféry v systému VaVaI.

V roce 2020 bylo plánováno vynaložit na VaV ze státního rozpočtu 36,24 mld. Kč. Pro rok 2021 došlo ke zvýšení celkových výdajů na výzkum ze státního rozpočtu na celkem 37,5 mld. Kč, pro rok 2022 celkem 38 mld. Kč a pro rok 2023 na 38,6 mld. Kč. V souladu s Inovační strategií směřuje ČR k podílu 2,5 % HDP v roce 2025. Současně se uvažuje se zvýšením podílu krytí výdajů na VaV z podnikatelských zdrojů z 1,13 % v přepočtu na HDP na alespoň 1,5 % v roce 2025. To by znamenalo jejich nárůst na cca 98 mld. Kč z 65 mld. Kč v roce 2019. Existuje i nepřímý zdroj financování VaV, a to formou položek odčitatelných od základu daně z příjmů právnických osob (2,58 mld. Kč v roce 2018).

Podnikové výdaje na VaV v aplikačním odvětví Průmyslová chemie jsou relativně vysoké. V tomto odvětví působí značný počet výzkumně aktivních podniků a zhruba polovina výdajů na VaV je uskutečněna v domácích podnicích. Podíl výdajů na výzkum v chemickém průmyslu neodpovídá postavení tohoto průmyslu v rámci ČR. V roce 2019 chemický průmysl vytvořil přidanou hodnotu ve výši 152,524 mld. Kč, podíl výdajů na výzkum činil pouze 1,89 %. Stěžejní nástroj podpory VaVaI z EU v období let 2021–2027 představuje 9. rámcový program EU pro výzkum a inovace „Horizont Evropa 2020+“ z 7. června 2018. Významnou měrou má přispívat k dalšímu prohloubení spolupráce členských států v rámci struktur VaV EU (Evropský výzkumný prostor (ERA)). Finanční zdroje Horizont Evropa jsou směřovány jak na podporu excelentního výzkumu ve výzkumném sektoru, tak na komercializaci vědeckých poznatků a podporu průlomových inovací v podnikatelské sféře. Velký důraz je kladen na podporu transferu znalostí z výzkumného prostředí do průmyslové sféry s cílem komerčního zhodnocení znalostního kapitálu při vývoji zboží a služeb s vysokou přidanou hodnotou.

ČR v rámci programu Horizont 2020 dosáhla k březnu 2020 na finanční podporu ve výši 379 mil. EUR (tj. 10,0 mld. Kč) při celkové projektové úspěšnosti 15,2 %. Účast v projektech ERC je všeobecně považována za indikátor kvality výzkumné organizace a jako důležitý indikátor kvality celého národního výzkumu: V ČR zajišťuje podporu vynikajících vědců program ERC CZ, který byl schválen do roku 2026. V rozpočtu programu ERC CZ je celkem alokováno 1,1 mld. Kč.²⁴

Dalším možným zdrojem podpory VaV z prostředků EU jsou programy v rámci Evropských strukturálních fondů (ESIF) kde je pro ČT vyčleněno 2,5 mld. EUR pro investice do výzkumu, vývoje a inovací pro praxi.

Je zřejmé, že události spojené s onemocněním způsobeným koronavirem COVID-19 budou mít zásadní vliv na financování systému VaVaI. Prioritizace podpory jednotlivých oborů i multidisciplinárních týmů dozná změn směrem k odvrácení dalších hrozeb tohoto typu. Nebude se však jednat pouze o podporu medicínských oborů, ale celé škály odvětví, které se mohou podílet na zmírnění následků takovýchto hrozeb a jejich předcházení. Novou se jeví možná orientace některých výzev ve prospěch řešení hlavních politických priorit EU, a to především naplňování cílů EGD.

Tabulka č.4 Hrubý odhad potřebných finančních prostředků na výzkum v letech 2021-2030

sektor	Požadované finance			
	Skutečnost 2019 mil Kč	2021-2030 celkem mil Kč	veřejný sektor, %	EU, %
Chemický průmysl celkem	2 887	29 595	70	cca 10
Z toho :				
NACE 19-20	736	7 545	70	8
NACE 21	1 334	13 675	65	10
NACE 22	817	8 375	70	8
nanotechnologie	1 116	11 450	15	12
biotechnologie	5 335	54 256	15	10

²⁴ Analýza stavu výzkumu, vývoje a inovací v České republice a jejich srovnání se zahraničím v roce 2019, materiál 363. zasedání RVVI dne 18.12.2020

Pozn. Výdaje na nanotechnologie a biotechnologie jsou za všechna odvětví ČR.²⁵

Podnikové výdaje na VaV v aplikačním odvětví Průmyslová chemie jsou relativně vysoké. Zatím co veřejné tuzemské finanční zdroje směřovaly především do VaV realizovaného ve vládním a vysokoškolském sektoru, (celkem zde bylo zapojeno 32,7 mld. Kč), z veřejných zdrojů podnikatelské subjekty získaly veřejnou podporu ve výši 6,5 mld. Kč. Přitom v tomto odvětví působí značný počet výzkumně aktivních podniků a zhruba polovina výdajů na VaV je uskutečněna v domácích podnicích. Toto rozdělení čerpání veřejných prostředků neodpovídá politicky deklarované podpoře MSP, které jsou i v ČR nositeli významných inovací. Podíl výdajů na výzkum v chemickém průmyslu neodpovídá postavení tohoto průmyslu v rámci ČR. V roce 2019 chemický průmysl vytvořil přidanou hodnotu ve výši 152,524 mld Kč, podíl výdajů na výzkum činil pouze 1,89 %.

Instituce provádějící výzkum a vývoj jsou financovány vícezdrojově, přičemž v roce 2019 účelová složka podpory tvoří převažující podíl celkové podpory u téměř všech skupin příjemců. V případě subjektů v podnikatelském sektoru lze její zásadní převahu považovat za žádoucí, avšak u veřejných subjektů indikuje zvýšené riziko meziroční nestability ve financování.

Na výzkum, vývoj a inovace může ČR čerpat v rámci Národního programu obnovy 12,5 mld Kč.

EU požaduje, aby tyto prostředky byly vynaloženy na projekty:

- výzkum a vývoj pokročilých materiálů pro aplikace v energetice, stavebnictví, mobilitu, zdravotnictví, zemědělství a elektroniku;
- výzkum, vývoj a zavedení nízkouhlíkových a nízkou environmentálních opatření s dopadem na procesy chemické a materiálové výroby;
- výzkum a vývoj inovativních obchodních modelů k zajištění efektivnějšího využívání chemikálií a jiných zdrojů.

RVVI rozhodla, že z těchto prostředků bude vyčleněno 3,5 mld Kč na řešení výzkumných projektů zaměřených na řešení definovaných hrozeb s globálním dopadem, zejména v oblasti zdravotnictví a biomedicíny. Národní program VaVaI 2021+ si mezi strategické cíle stanovil nastavit strategicky řízený a efektivně financovaný systém výzkumu, vývoje a inovací a rozšířit získávání a uplatňování dalších zdrojů financování VaVaI ((kromě veřejných domácích i zahraniční a zejména soukromé zdroje), u veřejných zdrojů zavést a uplatnit kromě dotací i další formy podpory (půjčky, subvence úrokových sazeb, záruky, daňová zvýhodnění aj. formy).

Výzkumná základna chemického průmyslu díky podpoře zejména v rámci OP VaVpI je poměrně dobře přístrojově a personálně vybavena, programově velmi členitá, má dostatečnou absorpční schopnost realizovat výzkumné a inovační záměry uvedené v CM. Díky rostoucí excelenci se zvyšují šance zapojení do mezinárodní spolupráce v rámci ERA nejenom ve výzkumu, ale i v komercializaci. Hlavním požadavkem je podpora budování poloprovozů a prezentačních jednotek pro urychlení převodu výsledků výzkumu a vývoje do průmyslové praxe. S ohledem na omezené finanční prostředky státu a podniků vlivem hospodářské krize je potřeba zvýšit úlohu koordinace záměrů směrem k růstu přidané hodnoty a schopnosti realizace v rámci ČR. V ČR je mnoho vynikajících vědců i celých týmů, které se snaží prosadit v mezinárodním měřítku na poli vědy a výzkumu a přinést světu zajímavé poznatky. I přes tuto skutečnost se však ČR řadí mezi země, které výrazně zaostávají v aktivitě v ERC. Pro zlepšení podmínek pro efektivní fungování a rozvoj inovačních aktivit je třeba pokračovat v odstraňování hlavních bariér inovačního pokroku v ČR, kterými jsou nízké investice rizikového kapitálu, nízká míra využití ochrany duševního vlastnictví formou mezinárodních patentů, nedostatky v oblasti lidských zdrojů, a následně podporovat využívání dalších forem finančních nástrojů, včetně záruk, zvýhodněných úvěrů apod. pro rozvoj inovačních aktivit.

5 Strategie meziodvětvové spolupráce

²⁵ Statistické ukazatele ČR za rok 2019, ČSÚ, 2020

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.

Vedle tradiční spolupráce s ETP SusChem se jedná i o aktivní spolupráci s TP v řadě oblastí jako je ČTP PLASTY, Česká vodíková TP, ČTP pro biopaliva, TP Udržitelná energetika, Česká membránová platforma a některé další. Předpokládá se navázání spolupráce s Asociací nanotechnologického průmyslu ČR. Tato spolupráce může sehrát důležitou roli zejména v oblasti průnikových technologií. Úzká spolupráce s TP povede k rychlejšímu přenosu nejnovějších technických poznatků do dalších odvětví. Zároveň společný postup může významně přispět k optimální úpravě české legislativy, která je nutná s ohledem na závazky ČR vyplývající mimo jiné z uplatňování nových megatrendů.

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 problémů spojených s bojem s koronavirem (např. při testování obyvatel, při vývoji a výrobě ochranných prostředků, různých desinfekčních prostředků, vývoji plicních ventilátorů). Význam meziresortní spolupráce lze dokumentovat i podílem mimo chemických odvětví na výzkumu nanotechnologií, kdy v roce 2018 a 2019 bylo vynaloženo na výzkum nanotechnologií z veřejné podpory více financí v odvětvích pokročilé stroje a technologie a strojírenství a mechatronika výrazně více než na Průmyslovou chemii. Vzhledem k významnému dopadu výzkumu a inovací v chemickém průmyslu je žádoucí spolupráce při zpracování cestovních map průmyslové modernizace a zavádění pokročilých technologií právě v těchto navazujících odvětvích.

Změnit by se měl i dosavadní časový horizont státní podpory TP s ohledem na dlouhodobost strategie realizace potřebných modernizací a inovací českého průmyslu ve vazbě na nové megatrendy. Dosavadní systém s tříletými cykly (s více jako ročním zpožděním úhrady) neodpovídá reálným inovačním cyklům. Považujeme za účelné zpřesnit definici postavení TP v poměrně složité hierarchii různých orgánů a organizací, které se dnes řízením VaVaI v ČR zabývají (např. v novelizaci zákona o podpoře VaV).

V souladu s Inovační strategií ČR, 2019–2030, která klade důraz na akceptaci požadavků průmyslových subjektů, je třeba řešit problém nedostatečné motivace průmyslových podniků k využívání akademických výstupů výzkumu. Nejde přitom pouze o podniky se zahraniční majetkovou účastí, ale i velké české firmy. Je skutečností, že evropské velké chemické koncerny využívají všechny možnosti navrhování témat pro nové projekty např. v rámci Horizon 2020+. Obvykle mají zastoupení svých zástupců v přípravných výborech programových výzev, které se často již připravují na míru konstitujícím se konsorciím. Bez systémové podpory na nejvyšších místech nelze dosáhnout většího zastoupení českých vědců a odborníků v těchto strukturách.

Přínosem může být i intenzivní spolupráce s Českou společností chemickou a přes ni i spolupráce s Evropskou chemickou společností IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry).

Další potřebný rozvoj tzv. start up vyžaduje spolupráci s komerčními korporacemi a potenciálními soukromými investory.

Tradičně důležitá je spolupráce s SCHP ČR, MPO ČR, MZP ČR, s TAČR a v oblasti boje proti suchu i s Agrární komorou ČR.

Při řešení problematiky substituce nebezpečných látek a při řešení otázek recyklace starých materiálů (zejména plastů) budeme spolupracovat s odborníky SCHP ČR a MPO ČR.

Rychlejšímu zavádění digitálních technologií často brání dlouho zažité firemní postupy. Příkladem může být využívání prediktivní údržby. Místo předem plánovaných odstávek na údržbu je možné díky datům o skutečném stavu strojů k opravám přistupovat, až když je to nutné. Tím lze zvýšit využitelnost výrobních linek. Proti používání prediktivní výroby jdou ale podnikové bezpečnostní normy, které trvají na dodržování lhůt pro údržbu a využívání prediktivní údržby nedovolují.

Zejména pro MSP připravíme ve spolupráci s MPO ČR a SCHP ČR odborné semináře k problematice připravovaných změn chemické legislativy v souvislosti se Strategií EU pro udržitelnost chemických látek, včetně možností získat pro realizaci potřebných opatření finanční dotace. Pro realizaci předváděcích jednotek bude možno využít vybudované sítě vědeckotechnologických parků. Pokud stát nedokáže ochránit národní zájmy v oblasti chemického průmyslu (např. v důsledku EGD nebo další nepřiměřené regulace chemických látek) je ohrožen další udržitelný rozvoj našeho odvětví s mimořádně velkými dopady do řady dalších odvětví v ČR, úrovně národní ekonomiky a v neposlední míře životní úrovně našich obyvatel. Dlouhodobé podfinancování chemického průmyslu samo o sobě představuje významné riziko pro udržitelný rozvoj.

6 Seznam použitých zkratk

CE	Cirkulární ekonomika
CEFIC	The European Chemical Industry Council
CLP	Nařízení EP a Rady (ES) č. 1272/2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí
ČR	Česká republika
EGD	European Green Deal
EPD	Environmentální prohlášení o produktu
ERA	Evropský výzkumný prostor
ERC	Evropská výzkumná rada
ESIF	Evropské strukturální a investiční fondy
EU	Evropská unie
ETP SusChem	Evropská technologická platforma pro udržitelnou chemii
FCC	Fluidní katalytické krakování
HDP	Hrubý domácí produkt
IAP	Implementační akční plán
ICT	Informační a komunikační technologie
ITO	Kompozice india, cínu a kyslíku
IUPAC	Mezinárodní unie pro čistou a užitou chemii
KETs	Key Enabling Technologies
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR
MSP	Malé a střední podniky
NH	Nátěrová hmota
NRIS3	Národní strategie inteligentní specializace
NP VaVaI 2021+	Národní politika výzkumu, vývoje a inovací ČR 2021+
OECD	Organizací pro ekonomickou spolupráci a rozvoj
OP PIK	Operační program Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost
OZE	Obnovitelné zdroje energie
PCB	Polychlorované bifenylly
PEM	Proton-Exchange-Membrane
POX	Parciální oxidace
PR	Public relations
SCHP ČR	Svaz chemického průmyslu ČR
SIRA	Strategické inovační a výzkumné agenda
SMR	Parní reforming zemního plynu
SUSCHEMCZ	Česká technologická platforma pro udržitelnou chemii (ČTP SUSCHEM)
SVA	Strategická výzkumná agenda
SVHC	Látky vzbuzující mimořádné obavy

REACH	Nařízení EP a Rady (ES) č. 1907/2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek
REE	Prvky vzácných zemin
RFF	Recovery and Resilience Facility
RVVI	Rada pro výzkum, vývoj a inovace
TA ČR	Technologická agentura ČR
TP	Technologická platforma
VaV	Výzkum a vývoj
VaVaI	Výzkum, vývoj a inovace
VO	Výzkumné organizace
VOC	Těkavá organická látka

7 Příloha: Výsledky veřejné konzultace

autor	připomínky
<p>Ing. Jakub Šiška, Ph.D. Process Technology Manager Synthomer a.s. Sokolov, Tovární 2093 Sokolov</p>	<p>Udržitelné zemědělství</p> <p>V oblasti zemědělství se rozvíjí trend ve využití super absorbentů (SAP – super absorbent polymers) spolu s pokročilými tzv. chytrými hnojivy. V současnosti již probíhají výstavby velkokapacitních výrobních SAP jednotek po celém světě např. Arkema spolu s Nippon Shokubai otevřeli 100 tis. tunovou jednotku v Antverpách v roce 2018.</p> <p>Ve středně dobém horizontu by bylo dobré se zaměřit na tuto problematiku taktéž v ČR. Kombinace SAP a tzv. chytrých hnojiv umožní snížení spotřeby vody a také hnojiv, která se řízeně uvolňují do půdy. Tento záměr je v souladu s postupnou změnou klimatu a diskutovaným globálním oteplováním a s vodním hospodářstvím nejen v zemědělství. Využití SAP produktů hlavně pro oblasti, kde je nedostatek pitné a užitkové vody. Chytrá hnojiva cíleně uvolňují jen potřebné množství chemikálií pro danou rostlinu a ve spojení se SAP udržují stálou vlhkost, pH a potřebné parametry pro růst daných rostlin/plodin. V rámci tohoto programu by bylo vhodné v ČR se zaměřit také na výzkum SAP s cílem zvýšit jejich kapacitu pro zadržování kapaliny a cílené uvolňování kapaliny do půdy.</p> <p>Dotace a financování</p> <p>Z praxe v Sokolově vím, že máme problém se získáním dotace z důvodu vlastnictví korporátní firmou a tím protlačením dotace. Dále vidím problém, že pro velký podniky s počtem zaměstnanců nad 250 jsou většinou podmínky ne moc atraktivní. Doporučoval bych tedy zařadit do podmínek dotace ještě jednu kategorii podniku – středně velký podnik s počtem zaměstnanců do 500. Dalším závažným problémem je skutečnost, že náš dotační program vždy hodnotil jako celek včetně korporátu, takže automaticky berou, že máme 4000 zaměstnanců, přitom Sokolov má pouze 340. Je to dost obtížné pak prosadit na vedení dotaci, když jsou podmínky, jaké jsou.</p> <p>Dekarbonizace, CO₂ capture technology, nové chemické procesy</p> <p>Vývoj cen emisních povolenek je pro český a evropský průmysl</p>

	<p>velkou hrozbou, mnoho firem se díky povinnosti platit emisní povolenky dostává do červených čísel, některé firmy musí uzavírat své výroby, jako příklad lze uvést Sokolovskou uhelnou, která byla nucena zavřít paroplynovou elektrárnu Vřesovou. Pro chemický průmysl, těžký strojírenský průmysl, tepelné elektrárny je tedy placení emisních povolenek velkou ekonomickou zátěží. Proto je implementace nových technologií, které slouží ke snižování míry vypouštění CO₂ do atmosféry, strategicky významný nejen za účelem snížení poplatků za emisní povolenky, ale především pro ochranu životního prostředí.</p>
<p>Ing. Ladislav Novák, Ph.D., jednatel TRADECONTROL s.r.o. Praha – Koloděje</p>	<p>Malé a střední podniky (MSP) přinášejí inovativní řešení výzev, jako je změna klimatu, účinné využívání zdrojů a sociální soudržnost, a pomáhají šířit inovace ve všech evropských regionech. Mají proto zásadní význam pro dvojí transformaci EU na udržitelnou a digitální ekonomiku.</p> <p>FAKTA A ČÍSLA: páteří hospodářství EU je 25 milionů malých a středních podniků MSP, zaměstnávají přibližně 100 milionů lidí MSP představují více než polovinu evropského HDP pouze 600 000 MSP zaměstnávajících zhruba 6 milionů osob vyváží zboží mimo EU v odvětví podnikových služeb mohou náklady vzniklé MSP při plnění administrativních formalit dosáhnout 10 000 eur své duševní vlastnictví chrání pouze 9 % malých a středních podniků. Podobná statistika by měla vzniknout i v ČR.</p> <p>CÍLE → podpora podniků, které přispívají k transformaci a udržitelnosti (poradenství a investice ze strany EU) → nárůst počtu malých a středních podniků (MSP) uplatňujících udržitelné obchodní praktiky → nárůst počtu MSP využívajících digitální technologie → podpora podniků v oblasti digitalizace → poskytování uživatelsky vstřícného a cíleného poradenství ohledně udržitelnosti a digitalizace → propojení podpůrných struktur tak, aby měl každý malý a střední podnik možnost obrátit se na poradenskou službu → odstranění překážek v podnikání → zjednodušení právní úpravy pro MSP → posílení spravedlnosti ve vztazích mezi podniky (např. malé firmy nedisponují tak velkým kapitálem, aby mohly čekat na platbu příliš dlouho) → diverzifikace zdrojů financování a zajištění připravenosti většího počtu MSP na investice → podpora ochrany duševního vlastnictví → vytvoření příznivějšího a otevřenějšího prostředí pro přístup k financování → ambicí by mělo být, že ČR se má stát nejatraktivnějším místem pro založení malého podniku!</p> <p>DŮVODY: obtížný přístup na zahraniční trh pro MSP, zejména z důvodu některých opakujících se právních jednání, která jsou nutná k registraci firmy v zahraničí i v ČR, velká finanční náročnost pro malé a střední podniky na administrativu, nerovné podmínky vůči velkým společnostem, nedostatečná atraktivita trhu pro investiční kapitál.</p> <p>NÁSTROJE: zmocněnec pro malé a střední podniky, který by měl – dohlížet na naplňování cílů strategie – kontrolovat dodržování zásad v souvislosti s prováděním právních norem v ČR – spolupracovat se zmocněnci v ostatních státech EU, a to ve spolupráci s místními podniky – aktualizace sítě Enterprise Europe Network zřízení programu z digitální oblasti směrem na specifika chemického průmyslu.</p>

<p>Ing. Jiří Kůs předseda výkonné rady Asociace nanotechnologického průmyslu ČR</p>	<p>Nanotechnologie a nanomateriály: ve zmiňovaných technologiích doplnit holografický 3D nanotisk a nanostrukturaci povrchu /plochá optika/, zabývá se tím v ČR IQ Structures, holografický 3D nanotisk je poměrně převratná výrobní technologie, které standardní 3D tisk nemá šanci konkurovat</p> <ul style="list-style-type: none"> -doplnit nanomateriály ve stavebnictví: - nanomateriály ve zdravotnictví: doplnit protiroztočové nanotextilie pro alergiky - str. 26 paměťové čipy: už existuje paměťový čip o velikosti pouhý jeden nanometr - výroba nanovláknů doplnit slibné AC zvlákňování, které by v blízké budoucnosti mohlo nahradit DC elektrospinning, doplnit také odstředivé zvlákňování /používá Pardam - objem výroby nanovláken: v současnosti je už poměrně velký, celkem 5 průmyslových výrobců /2 noví výrobci v r. 2020 - NanoMedical, Nafigate Park/ - do cílů rozvoje nanomateriálů doplnit nanosenzoriku a biosenzoriku a také nano roboty /u nás tým Dr. Pumery
<p>Mgr. Petra Jungová, LL.M. vedoucí oddělení veřejných zakázek Univerzity Palackého v Olomouci</p>	<p>Horizontální témata: Institucionální podpora je poskytována v souladu se zákonem č. 130/2002 Sb., a dalšími právními předpisy. Tento zákon je lex specialis mj. i k zákonu č. 134/2016 Sb., o zadávání veřejných zakázek, v účinném znění (dále jen "ZZVZ"). ZZVZ stanovuje poměrně striktní pravidla pro zadávání veřejných zakázek, a ačkoliv v sobě má možnost výjimky - § 29 písm. r) ZZVZ, s ohledem na přílohu č. 2 ZZVZ je výjimka v řešené oblasti výzkumu, vývoje prakticky nevyužitelná.</p> <p>I s ohledem na neustále se zpřísnující se režim pro zadávání veřejných zakázek (například poslední novelizace s účinností od 1.1.2021), je nanejvýš důležité přehodnotit a novelizovat po obsahové stránce přílohu č. 2 ZZVZ, která obsahuje seznam činností, jejichž zadání podléhá zadání dle ZZVZ přesto, že by jinak naplňovaly výjimku dle citovaného § 29 písm. r) ZZVZ. Bylo by tedy vhodné, aby skutečně v případech, kdy se prokazatelně jedná o postup čistě dle zákona č. 130/2002 Sb., bylo možné využít výjimky ze ZZVZ a nezadávat ze strany poskytovatelů podpory návrhy řešení cestou veřejnou zakázek ve smyslu ZZVZ, nýbrž postupovat administrativně, formálně méně náročným a pružnějším způsobem – cestou veřejné soutěže o nejvhodnější nabídku dle § 1772 a násl. zákona č. 89/2012 Sb., občanský zákoník, v účinném znění.</p>
<p>Ing. Zdeněk Vomočil, Ph.D. CYLINDERS HOLDING a.s. Výstavní 81/97 703 00 Ostrava – Vítkovice</p>	<p>Vodíková strategie: Čištění bych dal zvláště, protože velké množství vodíku je dnes v odpadech, které se dnes smysluplně nevyužívají. Jedná se o odpadní vodík v chem. průmyslu nebo koksárenském plynu. Například česká firma United Hydrogen v USA z chemičky čistí odpadní vodík a v kapalně formě ho vozí do plniček vodíku v Kalifornii. V koksárenském plynu je vodíku až 55 % a dnes se spaluje na výrobu tepla bez využití jeho potenciálu.</p>