



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



MINISTERSTVO  
PRŮMYSLU A OBCHODU



**ČESKÁ TECHNOLOGICKÁ  
PLATFORMA PLASTY**

# Implementační akční plán

## České technologické platformy PLASTY

Zpracováno kolektivem autorů ČTP Plasty v rámci projektu „Technologická platforma PLASTY IV“, reg. č. CZ.01.1.02/0.0/0.0/20\_369/0024004, podporovaného v rámci OP PIK, programu Spolupráce – Technologické platformy

**Aktualizace červen 2023**

## OBSAH:

1. Souhrn .....	3
2. Úvod .....	4
3. Současný stav plastikářského průmyslu v ČR.....	5
4. Klíčové technologické priority .....	8
4.1. Technologie výroby a užití moderních plastů .....	8
4.1.1. Moderní katalyzátory.....	9
4.1.2. Spotřební výrobky.....	9
4.1.3. Nanokompozity.....	10
4.1.4. Plasty pro dopravní prostředky .....	10
4.1.5. Materiály pro zdravotnictví.....	11
4.1.6. Plasty jako detektory ionizujícího záření .....	11
4.2. Biotechnologie .....	11
4.2.1. Nové fermentační procesy.....	12
4.2.2. Nové enzymatické procesy .....	12
4.2.3. Termo-katalytické procesy.....	12
4.2.4. Výroba komoditních chemikálií .....	12
4.3. Nové procesy a zařízení .....	13
4.3.1. Fyzikálně-chemické procesy na fázových rozhraních .....	16
4.3.2. Výzkum nových procesů – chemické procesy za extrémních podmínek.....	16
4.4. Recyklace plastů .....	16
5. Koncepce výzkumu a vývoje v ČR a úloha ČTP PLASTY při její realizaci.....	19
6. Navrhované směry výzkumu .....	20
7. Budoucí aktivity ČTP PLASTY, střednědobé cíle IAP do roku 2027 .....	22
7.1. Základní cíle ČTP PLASTY .....	22
7.2. Střednědobé cíle ČTP PLASTY.....	23
8. Závěr.....	25
9. Seznam použitých zkratk .....	26

# 1. Souhrn

Česká technologická platforma PLASTY (dále ČTPP) si za své cíle vytýčila:

- vypracování strategie podpory posílení konkurenceschopnosti plastikářského oboru, tvorbu strategií rozvoje a podpory výzkumu, vývoje a zejména inovací;
- transformaci evropských strategií do národní strategie, aktivní spolupráci s organizací Plastics Europe, s ETP SusChem, případně s dalšími evropskými organizacemi s cílem transformovat evropské strategické plány do národních plánů;
- aplikace výsledků výzkumu ve výrobě a technologii, aktivovat a posílit spolupráci průmyslových podniků, zejména malých a středních podniků (MSP), s výzkumnými a vzdělávacími institucemi s cílem aplikovat poznatky vědy a výzkumu těchto institucí v konkrétních inovovaných výrobcích a technologiích;
- zefektivnění systému financování výzkumu, vývoje a inovací (dále VaVal) v ČR, účastnit se tvorby obsahu programů podporujících výzkum a vývoj v ČR jako nezávislá instituce, prosazovat harmonizaci obsahu podpor se strategickými plány rozvoje definovanými ve Strategické výzkumné agendě (SVA) a Implementačním akčním plánu (IAP);
- propagaci inovačních aktivit a vědecko-technického rozvoje v plastikářském průmyslu;
- propagaci zavádění nových ekologických požadavků v oblasti plastů;
- spolupráci v oblasti normalizace a zavádění nových standardů;
- propagaci udržitelnosti plastů pro veřejný sektor;
- propagaci zapojení do realizace oběhové ekonomiky, zejména aktivit v oblasti nulových ztrát granulátu od výroby po zpracování a vyšší stupeň využití plastových obalů z aplikačních segmentů stavebnictví, automobilového průmyslu, elektrotechnického průmyslu, elektroniky a zemědělství.

Nástrojem pro řešení výše uvedených cílů a zajištění dlouhodobé udržitelnosti chemického a plastikářského průmyslu v ČR je zavádění tzv. zelených technologií. K základním charakteristikám těchto technologií patří snaha o:

- minimalizaci spotřeby neobnovitelných zdrojů;
- snížení spotřeby materiálů a energií;
- minimalizaci produkce odpadů a negativních dopadů výroby a finálních výrobků na životní prostředí a zdraví včetně ochrany čistoty moří, včetně nulového skládkování;
- optimalizace technologií nakládání s odpady;
- využití nefosilních zdrojů pro bio-plasty (včetně CO<sub>2</sub>).

Vedle pozitivního environmentálního dopadu zelených technologií se současně zvyšuje konkurenceschopnost výroby. V návrhu IAP jsou upřednostněny high-tech a medium high-tech procesy a materiály. Jedná se např. o nanotechnologie, biotechnologie nebo dodávky pro dopravní prostředky, farmacii a zdravotnictví. Konkrétně lze uvést dopady v oblastech jako jsou výroba chemikálií a monomerů (především optimalizace jejich vlastností), nové vysoce účinné katalyzátory, extrémně tenké vrstvy, antireflexní povlaky, abrazi odolné materiály, povrchy s vysokou redukcí tření, vodě odolné povrchy, fotokatalyticky aktivní povrchy, vylehčené a stabilnější stavební materiály, funkcionalizované povrchy atd.

## 2. Úvod

Aktualizovaný IAP zohledňuje praktické zkušenosti v oblasti výroby a výzkumu a vývoje v ČR a čerpá také z publikací věnovaných tématu udržitelného rozvoje chemického a plastikářského průmyslu v zahraničí a postihuje časový horizont do roku 2027. Jedná se o další strategický dokument, který v souladu se SVA shrnuje konkrétní úkoly a zodpovědnosti navržené pro plnění především střednědobých cílů ČTPP.

ČTPP by v příštím období měla přispět ke hledání zdrojů financování vlastního výzkumu a zapojování jak výzkumných institucí akademické sféry, tak i průmyslových podniků do mezinárodních projektů. Jen tak lze zajistit kvalitní znalost předpokládaných vývojových trendů a jejich dopadů na chemický a plastikářský průmysl ČR. Sektor chemického a plastikářského průmyslu musí být připraven na jejich kvalitní a včasné řešení. Úkolem pro akademickou sféru (chemické fakulty VŠ a chemické ústavy AV ČR) je soustavné hledání nových technologických postupů, vývoj nekonvenčních zařízení, vývoj algoritmů pro bezpečné řízení procesů z hlediska zdraví a životního prostředí a celkové udržitelnosti procesu. Finanční spoluúčast státu k zajištění takových aktivit je nepochybně nezbytná.

Plastikářský průmysl a jeho součásti zabývající se aplikovaným výzkumem by měly především zvýšit vliv na výzkumnou sféru formulováním svých vlastních rozvojových témat a jejich spolufinancováním ze svých zdrojů. Bez solidního teoretického zázemí není možné si představit konkurenceschopný aplikovaný výzkum. Na druhé straně aplikovaný výzkum je významným inspiračním zdrojem pro směřování akademického výzkumu. Považujeme za dosud plně nevyužitý potenciál malých a středních podniků (dále MSP) ve využívání vědeckovýzkumného potenciálu v ČR. Značné rezervy jsou i v přípravě kvalitních vysokoškolsky vzdělaných odborníků pro průmyslové podniky.

### 3. Současný stav plastikářského průmyslu v ČR

Světová výroba monomerů a plastů zaznamenává značnou dynamiku. Monomery a plasty vyrábí cca 2 500 firem v cca 80 zemích na více než 4 500 výrobních linkách. Výrobní kapacity polymerů překročily 450 mil. tun za rok 2022 a budou dále růst. K těmto výrobcům základních plastů je nutno dále připočítat 7–9násobný počet kompaundérů – výrobců modifikovaných plastů. Všechny tyto firmy používají aditiva. Jestliže prognózy ročních nárůstů výrob a spotřeb do roku 2020 se u komoditních plastů pohybovaly kolem 3–5 %, inženýrských plastů 4–6 %, speciálních plastů 5–7 %, bioplastů dokonce podle agentury FMI 28,8 %, v tom biodegradovatelných o 18 %, pak se tomuto trendu přizpůsobují i výrobci aditiv pro plasty. Jedná se o látky, které se přidávají jak k polymerům během polymerace nebo ve finální fázi výroby primárních polymerů, tak i při modifikaci vlastností plastů v rámci kompaundování za účelem modifikace vlastností.

Podle údajů evropské asociace Plastics Europe došlo v roce 2020 ve světě v důsledku pandemie COVID-19 poprvé k ročnímu poklesu produkce plastů na 367 mil. tun. Po této stagnaci se v roce 2021 světová výroba plastů zvýšila na 390,7 mil. tun. Evropa se podílela 15 % na světové výrobě plastů, dominuje Čína s 32% podílem. Spotřeba plastů v Evropě se opět zvýšila, na 50,3 mil. tun.

Prudký pokles evropské výroby plastů o 5% způsobené pandemií Covid-19 v první polovině roku 2020 následovalo zotavení o 10 % v roce 2021. Nicméně významné nejistoty se promítají do předpovědních výrobních dat dalších let, a to zejména kvůli energetické a logistické krizi.

V roce 2020 bylo v Evropě vytríděno pro recyklaci 29,5 mil. tun post uživatelských plastových odpadů, z toho bylo 34,4 % recyklováno mechanicky a 0,2 % chemicky, 42 % bylo využito energeticky a 23,4 % skončilo na skládkách nebo v přírodě. Agentura AMI uvádí, že v roce 2021 vzniklo v Evropě poněkud více - 35,6 mil. tun plastových odpadů, z nichž bylo vyrobeno 8,2 mil. tun regenerulátů.

Podle nové zprávy OECD (sdružuje 38 nejvyspělejších států) by se množství plastového odpadu celosvětově mělo do roku 2060 téměř ztrojnásobit, přičemž přibližně polovina bude skládkována a necelá pětina se recykluje. Global Plastics Outlook: Policy Scenarios k roku 2060 prohlašuje, že bez radikálních opatření k omezení poptávky, prodloužení životnosti produktů a zlepšení nakládání s odpady a zvýšení recyklovatelnosti poroste plastové znečištění společně s téměř trojnásobným nárůstem spotřeby plastů, který bude způsoben rostoucí světovou populací a jejich příjmy. Zpráva odhaduje, že téměř dvě třetiny plastového odpadu v roce 2060 budou pocházet z předmětů s krátkou životností, jako jsou obaly, levné výrobky a textil.

„Pokud chceme svět bez znečištění plasty, v souladu s ambicemi shromáždění OSN pro životní prostředí, budeme muset přijmout mnohem přísnější a globálně koordinovanější opatření,“ řekl generální tajemník OECD Mathias Cormann. Tato zpráva navrhuje konkrétní kroky, které lze implementovat během životního cyklu plastů, a které by mohly významně omezit – a dokonce odstranit – únik plastů do životního prostředí. Uvedená zpráva předpokládá, že celosvětová spotřeba plastů vzroste ze 460 milionů tun v roce 2019 na 1 231 mil. tun v roce 2060 při absenci odvážných nových politických kroků, což je rychlejší nárůst než u většiny jiných materiálů. Růst bude nejrychlejší v rozvojových a rozvíjejících se zemích Afriky a Asie, ačkoli i země OECD budou v roce 2060 stále produkovat mnohem více plastového odpadu na osobu (v průměru 238 kg ročně), než země mimo OECD (77 kg).

Celosvětově se únik plastů do životního prostředí zdvojnásobí na 44 mil. tun ročně, zatímco hromadění plastů v jezerech, řekách a oceánech se více než ztrojnásobí. Znečištění bude pocházet z větších úlomků známých jako makroplasty, ale vážným problémem je také únik mikroplastů (syntetické polymery o průměru menším než 5 mm) z předmětů, jako jsou průmyslové plastové pelety, textilie a opotřebené pneumatik. K předpokládanému nárůstu spotřeby plastů a odpadu dojde navzdory očekávanému nárůstu používání recyklovaných plastů při výrobě nového zboží a také technologickému pokroku a ekonomickým posunům v jednotlivých odvětvích.

Předpokládá se, že podíl plastového odpadu, který je úspěšně recyklován, vzroste v roce 2060 na 17 % z 9 % v roce 2019, zatímco spalování a skládkování bude nadále tvořit přibližně 20 % a 50 % plastového odpadu. Podíl plastů, které se vyhýbají systémům nakládání s odpady – budou nekontrolovaně skládkovány, spálí se v otevřených jámách nebo uniknou do půdy či vodního prostředí – bude podle odhadů snížena na 15 % z 22 %.

Nová zpráva vychází z prvního Globálního výhledu pro plasty OECD, který byl vydán v únoru 2022. Tato první zpráva zjistila, že plastový odpad se za dvě desetiletí zdvojnásobil, přičemž většina je vyvezena na skládky, spaluje se nebo uniká do prostředí. Od vydání této zprávy se členské státy OSN zavázaly vyjednat do roku 2024 právně závaznou mezinárodní dohodu o ukončení plastového znečištění. Uvedená zpráva se zabývá dopadem dvou potenciálních scénářů. První, regionálně akční scénář zahrnující kombinaci fiskálních a regulačních politických kroků, primárně v zemích OECD, by mohl snížit plastový odpad téměř o pětinu, a více než o polovinu snížit únik plastů do životního prostředí bez podstatného dopadu na globální HDP, který by byl nižší o 0,3 % do roku 2060. Druhý, globálně akční scénář zahrnující přísnější politické kroky implementované po celém světě, by mohl snížit plastový odpad o třetinu a téměř úplně odstranit únik plastů do životního prostředí a zároveň snížit globální HDP odhadem o 0,8 %.

Zpráva se také zabývá tím, jak by opatření ke snížení emisí skleníkových plynů mohla snížit znečištění plasty vzhledem k souhrně mezi životním cyklem plastů, fosilními palivy a změnou klimatu. Politické kroky vedoucí ke snížení dopadů plastů na životní prostředí a na podporu jejich cirkulárního používání by měly zahrnovat zejména následující akce:

- zavedení daně z plastů, včetně plastových obalů;
- pobídky vedoucí k opětovnému použití a opravám plastových předmětů;
- závazné cíle pro recyklovaný obsah ve většině nových plastových výrobců;
- zavedení systému rozšířené odpovědnosti výrobce (EPR);
- vylepšení infrastruktury odpadového hospodářství;
- zvýšení míry sběru odpadků.

Ve dnech 28. 2. až 2. 3. 2022 proběhlo za účasti zástupců 175 zemí v keňském Nairobi Shromáždění OSN pro životní prostředí (UNEA - 5.2) k zahájení procesu, který by měl navrhnout právně závaznou globální smlouvu o zabránění znečišťování plasty k přijetí v roce 2024. Setkání se zúčastnilo 3400 expertů osobně a 1500 online.

Smlouva by se měla zaměřit na:

- právně závazné prvky a podmínky pro celosvětové řešení oběhového hospodářství;
- řešení celého životního cyklu plastů od jejich výroby, přes design výrobku, po recyklaci;
- harmonizované normy a standardy;

- zapojení pracovníků v procesech sběru, třídění a recyklace.

V zemích západní Evropy se nachází několik významných výrobců originálních speciálních plastů. V oblasti plastů s vyšší přidanou hodnotou má ČR dlouhodobě obtížnou situaci vzhledem k obsazenosti trhu velkými nadnárodními firmami a nelze předpokládat, že by se tato situace rychle změnila. Navíc i několik konkrétních příkladů uplatnění výsledku českého výzkumu a vývoje v zahraničí ukazují, že je obtížné proniknout na tyto znalostně, technologicky, ale také kapitálově náročné trhy.

V ČR tak převažují méně technologicky a znalostně založené aktivity a obory, které přinášejí nižší přidanou hodnotu. I tak lze ale toto odvětví považovat v rámci české ekonomiky za progresivní, dynamické a technologicky náročnější odvětví. Ve struktuře odvětví plastikářského průmyslu lze jednoznačně identifikovat dominantní hráče, jimiž jsou holding ORLEN Unipetrol (jehož součástí se stala i Spolana Neratovice), SYNTHOS Kralupy, a.s., a Spolek Ústí nad Labem. Mezi hlavní otázky související s dlouhodobou udržitelností plastikářského průmyslu a souvisejícího výzkumu a vývoje v České republice patří:

- rostoucí konkurence v důsledku budování nových velkotonážních výrobních kapacit v Asii, USA a v rozvíjejících se zemích;
- ve srovnání s okolními evropskými státy a vybranými regiony světa vyšší ceny vstupních materiálů a energií;
- nutnost zaměření na vyšší využití recyklovaných materiálů, obnovitelných surovin a zdrojů energie;
- dlouhodobá podinvestovanost výroben, ale také výzkumných a vývojových aktivit, která vyplývá především z majetkové struktury firem operujících v ČR. Zahraniční investoři jsou často zaměřeni na maximalizaci okamžitého zisku, nikoliv na dlouhodobý a udržitelný rozvoj firem;
- přesun výzkumných a vývojových aktivit do mateřských podniků situovaných mimo ČR; nezáměr spolupracovat s českými institucemi;
- zvyšování administrativní náročnosti pro řízení výzkumných projektů, zejména v oblasti grantových aktivit;
- jen omezená diskuze a spolupráce vysokých škol a akademických institucí s průmyslovými podniky – nízký zájem akademických institucí o aplikovaný průmyslový výzkum, a naopak neochota vlastníků průmyslových podniků financovat základní výzkum bez vidiny přínosů v krátkodobém časovém horizontu limituje výběr společných projektů;
- poměrně negativní vnímání chemického a plastikářského průmyslu veřejností. Výsledkem je nedostatek odborníků s odpovídajícím vzděláním, přetrvávající malý zájem o studium polymerních oborů, riziko omezování výroby kvůli sporům s místní správou, zhoršená pozice chemických a plastikářských podniků při jednání se státními institucemi o fiskálním prostředí, regulaci apod.
- nízký zájem výrobců komoditních plastů o řešení využití plastů po skončení jejich životnosti;
- nízký zájem výrobců plastů o spolupráci s evropskými asociacemi, jako je PlasticsEurope, EuPC, asociace pro využití odpadních plastů apod.
- nezáměr drtivé většiny zpracovatelů plastů a recyklátorů o zapojení do evropských asociací;
- ČR skládá podle Plastics Europe necelých 40 % odpadů. Je nutné hledat vědecky podložené návrhy prevence vzniku odpadních plastů, aplikací ekodesignu a využití odpadních plastů jako recyklátu nebo energeticky;
- evropská strategie pro plasty v cirkulární ekonomice klade velký význam na mechanickou a chemickou recyklaci plastů.

## 4. Klíčové technologické priority

U aplikovaného výzkumu je účelné zacílit veřejnou podporu do oblastí, kde prokazatelně existuje výzkumný, vývojový a technologický potenciál, který je vysoce relevantní pro řešení zásadních problémů společnosti a nabízí možnosti využití v nových výrobcích, technologiích a službách.

V rámci zpracování SVA byly vytipovány strategické oblasti, pro které existuje nebo je vytvářen v ČR dostatečný vědeckotechnický potenciál, záměry jsou realizovatelné a mohou významně přispět k řešení potřeb české společnosti, jako jsou úspory energií, zlepšení životního prostředí. Některá témata jsou již dnes podložena programy potenciálních řešitelů, případně i zájmem průmyslových partnerů, jiná témata jsou zatím jen námětem pro případné využití. Podrobnější zdůvodnění navrhovaných programů je rozvedeno v SVA. Přesnější definice výzkumných úkolů je ponechána na jednotlivých výzkumných nebo výrobních subjektech.

### 4.1. Technologie výroby a užití moderních plastů

Vývoj nových plastů s vlastnostmi připravovanými na míru je důležitým stimulem nového podnikatelského rozvoje v řadě průmyslových odvětví. Potřeba budoucích technologií se promítá přímo do rostoucích požadavků na nové materiály s požadovanými vlastnostmi, metod jejich přípravy, nákladovosti výroby a jejich recyklovatelnosti. Významné náměty jsou v oblasti využití nanomateriálů či ve zdokonalování obalů (včetně biologicky rozložitelných).

V ČR jsou vhodné technické a výrobní předpoklady pro urychlení vývoje v naznačených směrech. Navrhované výzkumné programy v této oblasti jsou uvedeny v kapitole 6.

Z potenciálních řešitelů a realizátorů těchto záměrů lze uvést: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského, v.v.i. Praha, SYNPO a.s. Pardubice, Ústav chemických procesů AV ČR, v.v.i. Praha, ORLEN Unipetrol (PIB), Vysoké učení technické Brno, ORLEN UniCRE, VŠCHT Praha, Univerzita Palackého Olomouc, Regionální centrum pokročilých technologií a materiálů Olomouc, Univerzita Pardubice, VÚOS Pardubice, Centrum organické chemie, Elmarco s.r.o. Liberec, Momentive Specialty Chemicals, a.s. Sokolov, Synthos a.s. Kralupy, Bochemie a.s. Bohumín, Precheza a.s. Přerov, Fatra Napajedla, Inotex s.r.o. Dvůr Králové, Teluria Skrchov, Plastikářský klastr z.s., Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, INOTEX, Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem, NANOPROGRESS, Univerzita Palackého v Olomouci - Český institut výzkumu a pokročilých technologií, Moravskoslezský automobilový klastr, z.s., TERAMED, s.r.o., ZODPA s.r.o., ASIO TECH, spol. s r.o., Ethanol Energy a.s., Continental Automotive Czech Republic, Simple Engineering s. r. o., Zlínský kreativní klastr, z.s., HELLA AUTOTECHNIK NOVA, s.r.o., Fortemix produkce s.r.o. a další.

Jedním z trendů vývoje plastů jsou kaskádové polymerační technologie pro přípravu multi-modálních polymerů (PE, PP) pro výrobu moderních obalových materiálů a vývoj výroby polymerů s multimodální distribucí molekulových hmotností a s řízeným obsahem komonomeru v jednotlivých frakcích (např. nízkomolekulární homopolymer + výšmolekulární kopolymer + ultravysokomolekulární kopolymer). Vlastnosti polymeru tak lze nastavit na míru konkrétní aplikaci.

Další náměty vycházejí ze společenské objednávky na bioplasty, včetně bioplastů třetí generace, využívání zemědělských odpadů, biodegradovatelné plasty, plasty pro 3D tisk a na plasty se sníženou hořlavostí.



V oboru polyolefinů lze pozorovat světové trendy:

- a) pro napěňovací technologie (uhlovodíky, nověji  $N_2$ ,  $CO_2$ ), aplikace využívající lehčené /napěňované PE, PP (z 950 g/l až na cca 20 g/l), obalové rohože, krycí folie, tvarovky, výplně (např. pro auta);
- b) použití metallocenových katalyzátorů pro nastavení požadovaných vlastností;
- c) využití komonomerů hexen, okten, norbornen atd. s použitím metallocenových katalyzátorů.

Eviduje se rostoucí poptávka po zařízeních, jako jsou vícedutinové a neurologické katetry, které vyžadují velmi tenké stěny a inovační design. Zaznamenáváme nárůst začínajících firem v oboru lékařských trubic, způsobený pokrokem v materiálové sféře a požadavky na méně invazivní zákroky. K tomu všemu se přidaly inovační metody k začlenění biologických činidel do trubic. Pro výrobu lékařských hadiček se používají hlavně PVC a TPE (termoplastické elastomery), polyolefiny (PP a PE), polyuretany, polyamidy (PA), fluoropolymery (FEP a PTFE) a silikon. Silikonové trubičky se používají např. pro peristaltická čerpadla, chirurgické drenáže, katetry a intravenózní dodávku léků.

Preferovaným zdrojem pro výrobu aditiv pro plasty jsou udržitelné, obnovitelné zdroje rostlinného nebo živočišného původu, včetně odpadů. Tyto produkty jsou přátelské k životnímu prostředí a označují se jako bio-aditiva. Trh těchto aditiv se dlouhodobě rozvíjí obecně tempem kolem 6 % ročně.

Za hvězdu mezi aditivy pro plasty jsou považovány retardéry hoření. Na trhu je k dispozici přes 1400 typů retardérů hoření od stovky výrobců z toho 75 bromovaných. Aplikace retardérů je nezbytná pro stavebnictví, elektropřístroje a dopravní prostředky.

#### **4.1.1. Moderní katalyzátory**

I malé zlepšení v efektivnosti katalyzátorů představují významné zvýšení efektivnosti výrob, snížení energetické náročnosti a negativního vlivu na životní prostředí. Důležitými výzkumnými záměry je pomocí vysoce efektivního modelování hledat nové teoretické přístupy k přípravě katalyzátorů a k modelování polymeračních procesů.

#### **4.1.2. Spotřební výrobky**

Jedním ze základních cílů je přispět ke zlepšení kvality života při zachování principů trvalé udržitelnosti. Aplikacemi moderních technologií jako jsou nanotechnologie nebo biotechnologie lze získat nové materiály a výrobky s vyšší přidanou hodnotou často při využití obnovitelných zdrojů surovin.

Vývoj moderní kontroly potravin a smart obalů založených na „inteligentních“ plastech fungujících nejenom jako ochrana proti znečištění a proti oxidaci, ale současně jako senzory kvality přispěje k lepšímu managementu skladování potravin a současně umožní zákazníkům prokazatelně určit kvalitu výrobků.

Dalším námětem je vývoj nových UV absorbérů jak pro kosmetiku, tak pro nátěrové hmoty, plasty a vlákna.

Moderní technologie a materiály významně ovlivní vývoj v plastikářském průmyslu. Příkladem využití nanočástic v těchto odvětvích může být výroba povlaků odolných vůči poškrábání či se samočisticí schopností.

Dále je velmi zajímavým námětem výzkum aditiv na bázi nových vodivých polymerů pro povrchovou ochranu materiálů, charakterizace a modifikace povrchu pigmentů a vývoj vodné nanodisperze pro funkční povrchové úpravy, abrazi odolných materiálů, povrchů s vysokou redukcí tření, vodě odolné povrchy a fotokatalyticky aktivní povrchy.

### 4.1.3. Nanokompozity

Velmi perspektivní je výzkum polymerních nanokompozitů s anorganickými nanoplňivy (jíly, oxidy, kovy, atd.) pro aplikace např. v automobilovém, leteckém a obranném průmyslu. Jednou ze stěžejních otázek přípravy těchto materiálů ale zůstává dispergace nanoplňiva v matrici a jeho adheze k polymeru. Perspektivní jsou plastové konstrukční materiály, které budou mít vyšší pevnost, tvrdost, tvarovou stálost, větší tepelnou stabilitu a menší hořlavost.

Výzkum polymerních nanokompozitů pro nátěrové hmoty a povrchové úpravy bude mít za cíl zlepšení odolnosti proti poškrábání, zlepšení tepelné odolnosti, vzrůst tvrdosti, zlepšení oděruvzdornosti, zlepšení bariérového efektu (nižší plyno- a paropropustnost), zvýšení odolnosti proti UV záření, snížení koeficientu tření na povrchu úpravy, snížení hodnoty expanzního koeficientu, snížení prostupnosti vůči kapalinám, snížení hořlavosti, antimikrobiální vlastnosti, rozměrovou stálost, zvýšenou odolnost proti šíření trhlin atd.

V červenci 2017 obdrželo lucemburské centrum pro aplikované nanotechnologie vládní grant na výstavbu výrobní jednotky pro nanočástice o kapacitě 250 tun za rok. Hlavní aplikace v kompozitech, plastech a elastomerech. Produkt, grafenové nanotrubičky, má vynikající vlastnosti a je 50krát levnější než dosud aplikované nanočástice. Produkt je registrovaný v rámci REACH. Aktuální výrobní kapacita v roce 2022 dosáhla 90 tun a vývoj dále pokračuje (viz <https://ocsial.com/about/>).

Výzkum „chytrých“ či „inteligentních“ nátěrů a povlaků založených na využití různých typů nanočástic bude mít za cíl získat nátěry schopné reagovat na vnější podněty a interagovat s okolím (hlavně jako clearcoaty v automobilovém průmyslu a nanostrukturované elektro- nebo opticky aktivní inteligentní povrchy).

V souvislosti se stále širším využíváním nanomateriálů je nezbytné zaměřením také na hygienické a environmentální důsledky jejich používání.

### 4.1.4. Plasty pro dopravní prostředky

Celosvětové úsilí o snižování emisí CO<sub>2</sub> se dotýká i dopravních prostředků. V rámci jednotlivých kontinentů jsou předepisovány přísnější limity pro spotřebu a tedy i exhalace CO<sub>2</sub> z pohonných hmot. To se projevuje ve vývoji nových, lehčích konstrukcí exteriérů a interiérů dopravních prostředků s využitím plastů. Vyvíjejí se nové aplikace komoditních plastů (PP) s přídavkem ztužujících vláken, dále aplikace inženýrských a speciálních plastů. Využití nabízejí i pěnové a strukturální pěnové plasty. S ohledem na vysokou produkci automobilů v ČR je zapojení výzkumu a vývoje do procesu aplikací nových plastů i způsobu zpracování (3D tisk) velkou výzvou. Rostoucí důležitost mají způsoby spojování plastů s jinými materiály (a to nejen pro automotive).

Novým trendem v dopravních prostředcích jsou baterie pro elektromobily, jejichž nasazení povede k podstatnému snížení spotřeby fosilních paliv. Společně s těmito aktivitami je nutné řešit vývoj nových materiálů na bázi polymerů včetně způsobů jejich recyklace.

#### 4.1.5. Materiály pro zdravotnictví

Farmaceutický průmysl a medicína jsou významnými iniciátory inovací jak v materiálové, tak technologické oblasti, také díky podstatně vyšším alokacím finančních prostředků. V oboru nanokompozitů se jedná především o kompozity s polymerní maticí vyztuženou uhlíkovými vlákny, které jsou perspektivní např. pro konstrukci kostních a kloubních náhrad a kostních implantátů.

#### 4.1.6. Plasty jako detektory ionizujícího záření

Využití plastů v oblasti detekce ionizujícího záření je založeno na převodu energie ionizujícího záření na energii fotonů v oblasti blízké ultrafialové a viditelné oblasti spektra. Tyto fotony jsou pak snímány ve formě záblesků vhodnými snímači (fotonásobiče, fotodiody). Výstupní signál z detektoru je pomocí fotonásobiče převeden na elektrický signál a ten je následně zpracován vhodným analyzátozem a software. O takovýchto typech detektorů pak hovoříme jako scintilačních detektorech.

První plastové detektory byly vyvinuty v padesátých letech s cílem nahradit především kapalné scintilátory a nabídnout pro detekci záření levný, dobře dostupný materiál umožňující výrobu detektorů s velkým objemem a v podstatě jakýmkoliv tvarem. V současné době jsou hledány jak nové metody přípravy plastových detektorů s využitím technologií pro zpracování plastů (extruze, vstřikování, 3D tisk a další), tak i nové složení (využití speciálních nanoplňiv s aktivním povrchem, úpravy složení s cíle zvýšení rychlosti odezvy, emitovaného spektra záření apod.).

Z hlediska cílového využití jde o materiál pokrývající svým uplatněním široké spektrum použití od detekce radioaktivních zdrojů (mýtné brány, recyklace kovů, obrana) přes technické aplikace (detektory výšky hladiny, lékařské aplikace - PET) až po uplatnění ve vědeckých projektech (detekce kosmického záření, neutronů apod.). Celkově lze říci, že objem výrob plastových scintilátorů má v posledních letech narůstající tendenci právě díky jejich rozšiřující se oblasti použití a výhodné ceně.

Vývoj plastových scintilačních detektorů navazuje na dlouholetou tradici v této oblasti a snaží se navázat na úspěchy pracovníků Výzkumného ústavu přístrojů jaderné techniky, kteří tento typ detektorů v České republice s úspěchem zavedli do výroby. Díky silné podpoře nového vlastníka technologie fy. Nuvia, která je světovým leaderem v oblasti jaderných technologií, je další rozvoj těchto produktů v rámci ČR podpořen i konkrétními výstupy v projektech po celém světě. Jedná se především o spolupráci ve Vědeckých projektech (SUPERNemo, ICARUS) ale i konkrétních výrobcích. Velmi důležitou je společná spolupráce fy. Nuvia s centry výzkumu v této oblasti a to jak v oblasti jaderné fyziky a chemie (ČVUT-UTEF, FJFI) tak i centry zaměřenými na vývoj polymerních materiálů (CPS Zlín, UMCH Praha, PIB Brno).

## 4.2. Biotechnologie

Návrh výzkumných témat pro oblast biotechnologií je shrnut v kapitole 6. Jako příklady potenciálních řešitelů lze uvést Ústav chemických procesů AV ČR, v.v.i. Praha, Výzkumný ústav anorganické chemie a.s. Ústí nad Labem, Ústav experimentální botaniky AV ČR, v.v.i. Praha, Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. Praha, Centrum regionu Haná pro biotechnologický a zemědělský výzkum, Olomouc, VŠCHT Praha, CEITEC Brno, Nafigate Corporation, a.s., a další.

Nezisková organizace Bio-based Industries Consortium (BIC), která byla založena v Bruselu v roce 2013 za účelem zastupování soukromého sektoru v projektu partnerství veřejného a soukromého sektoru

(Public-Private partnership, PPP) s Evropskou komisí, zaměřeném na posílení bio-based průmyslového odvětví v Evropě, má v roce 2022 už více než 240 členů z řad průmyslových podniků a 165 přidružených členů z řad výzkumných organizací, akademické sféry a obchodních sdružení. V období 2014-2020 bylo partnerství známé jako Bio-based Industries Joint Undertaking (BBI JU) a hospodařilo s celkovým rozpočtem 3,7 mld. EUR. Nové partnerství Circular Bio-based Europe Joint Undertaking (CBE JU) pro období 2021-2030 má celkový rozpočet 2 miliardy EUR a jeho cílem je řešit aktuální výzvy, kterým toto odvětví čelí v oblastech zemědělství, potravinářství a krmiv, vodního hospodářství a námořního průmyslu, chemikálií a materiálů (včetně bioplastů), lesnictví, celulózy a papíru, odpadového hospodářství a jiných (viz <https://biconsortium.eu/about>, <https://biconsortium.eu/membership>).

Biotechnologické procesy můžeme rozdělit dle jednotlivých typů výsledných produktů do kategorií:

#### **4.2.1. Nové fermentační procesy**

V současné době jsou fermentační technologie zastoupené převážně ve farmako-chemických výrobcích a nově technologiích výroby biopaliv. Mezi chemikálie našeho zájmu patří etanol, butanol, kyselina propionová a 3-hydroxypropionová, kyselina aspartová, jantarová, mléčná. Všechny tyto látky lze zařadit jako potenciální suroviny pro výrobu nových typů „biopolymerů“.

#### **4.2.2. Nové enzymatické procesy**

Vhodně použité enzymy umožňují uskutečnit (tj. katalyzovat) reakce, které jsou za užití tradičních chemických metod nesnadné (rozklad lignocelulózy a odpadní biomasy a škrobů na cukry a jiné jednoduché sloučeniny) nebo nemožné a mohou vést k efektivní výrobě monomerů pro přípravu pokročilých plastů. Od září 2021 provozuje firma Carbios první demonstrační jednotku na enzymatický recyklační proces k výrobě čistého PET z různých odpadních typů PET. Demonstrační závod představuje vyvrcholení vývoje technologie C-ZYME®. Umožní ověření technického, ekologického a ekonomického výkonu procesu enzymatické recyklace PET a také návrh budoucích průmyslových jednotek. Jeho provoz do konce roku 2022 umožní vypracování kompletní inženýrské dokumentace (Process Design Package) pro výstavbu a provoz referenční jednotky s kapacitou 40 000 t/rok i budoucích továren, které budou provozovány podle licenční smlouvy (viz <https://www.carbios.com/en/history/>).

#### **4.2.3. Termo-katalytické procesy**

Výběr vhodných technologií zaměřených na určitý typ biomasy může zajistit optimální výstupní produkt stálé kvality. Pro pyrolýzní procesy je nutný vývoj zejména vhodných deoxygenačních, hydrogenačních a depolymerizačních katalyzátorů. K tomu, aby tyto metody byly konkurenceschopné je zapotřebí snížit jejich celkovou energetickou spotřebu, navrhnout nízkonákladové katalyzátory, které umožní přímé štěpení ligninu a celulózy na jednodušší látky a optimalizovat separační metody produktů. Konceptně lze rozdělit vývojové programy na štěpení biomasy a následné dělení produktů a na separaci na celulózu, hemicelulózu a lignin a následné zpracování těchto polymerů.

#### **4.2.4. Výroba komoditních chemikálií**

Mezi základní vize uplatnění biomasy jako suroviny pro chemický a plastikářský průmysl je předpoklad, že vhodnou konverzí vstupní suroviny bude možno nahradit stávající fosilní surovinový pool nebo

vytvořit nový „zelený“ produkt s ekvivalentními vlastnostmi. Jako hlavní zdroj suroviny se s ohledem na vhodnost uvažuje lignocelulózová biomasa. Je účelné zaměřit se i na budování nových „value-chains“, tedy na nové typy výrobků – příkladem je např. PLA a její uplatnění jako biodegradabilního polymeru.

Celulóza popř. hemicelulóza, která patří mezi hlavní stavební složky většiny rostlin a dřevin, je jedna ze surovin se strukturně vhodným složením. Molekuly získané rozkladem celulózy se mohou považovat za prekursory nových alternativních monomerů a speciálních polymerních hmot, ale také za vhodné intermediáty technologických procesů. Jde zejména o látky C3 – C6, jednoduché cukry a kyseliny.

Pozornost by měla být zaměřena i na selektivní depolymeraci celulózy a následné konverze meziproductů jako jsou např. levoglukosan a hydroxymetylfurfural.

Lignin, tvořící ve většině případů v biomase 18–32 % hm., je navržen jako další vhodná surovina do nového produktového směru. Vzhledem ke své polyfenolické struktuře se jeví jako vhodná surovina pro získávání zejména jednoduchých aromátů, benzenu, toluenu a xylenu. Tyto látky je možno bez problémů začlenit do stávajících petrochemických výrob. Tím je vyřešen odbyt a konečné zpracování. Podle některých studií by bylo ekonomicky výhodnější získávat rovnou i fenoly (a vyhnout se tak následnému reakčnímu kroku, tj. oxidaci aromátů na fenoly).

V současné době však neexistuje vhodný depolymerizační a dealkylační katalyzátor pro štěpení celulózy, hemicelulózy a ligninu na výše uvedené sloučeniny. Jako vhodný způsob se jeví kombinace katalytické, termochemické a biochemické transformace.

Současně je do těchto výzkumných směrů nutné souběžně zařadit jako potencionální zdroje surovin rostliny s vysokým obsahem škrobů, cukrů a olejů, u kterých je procesní technologie zpracování v některých případech příbuzná (enzymatické štěpení na jednodušší cukry – hydrolázy, lipázy, amylázy) a jejich potenciál je stejně tak perspektivní jako u lignocelulózové biomasy.

Výzkumný trend je třeba zaměřit na výběr vhodných postupů a technologií pro štěpení surovin na bázi celulózy na nové perspektivní sloučeniny včetně směřování na možnosti výroby kyseliny akrylové a metylakrylátu.

V realizaci minimálně na poloprovozní úrovni jsou výrobní jednotky na 100% biologické bázi: etylen, anilín, n-butanol, isobutan, síťovadlo pro PUR, epichlorhydrin, ztužující plniva (vlákna), metan.

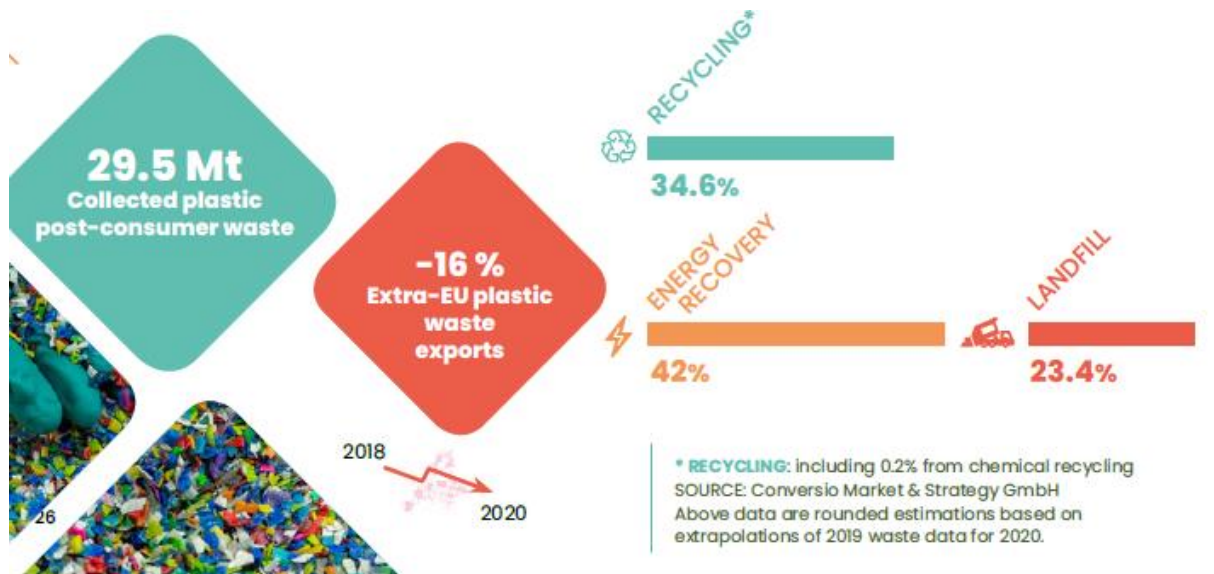
### **4.3. Nové procesy a zařízení**

Je nutné vyvíjet nové materiály a současně udržovat konkurenceschopnost technologií. Dřívější výroby inženýrských plastů byly z důvodu nekonkurenceschopnosti uzavřeny. Konkrétně se jedná o polypropylenoxid (PPO) a polyamid (PA) ve Spolaně Neratovice a terpolymer ABS v Kaučuku Kralupy nad Vltavou.

Výzkumně by se měl podpořit vývoj specialit v rámci komoditních plastů u kompaundérů. Touto činností by se mělo v ČR zabývat min. 40 malých a středních výrobců. Taktéž na oblast zpracování a finalizace plastových výrobků by se měla výzkumná základna zaměřit.

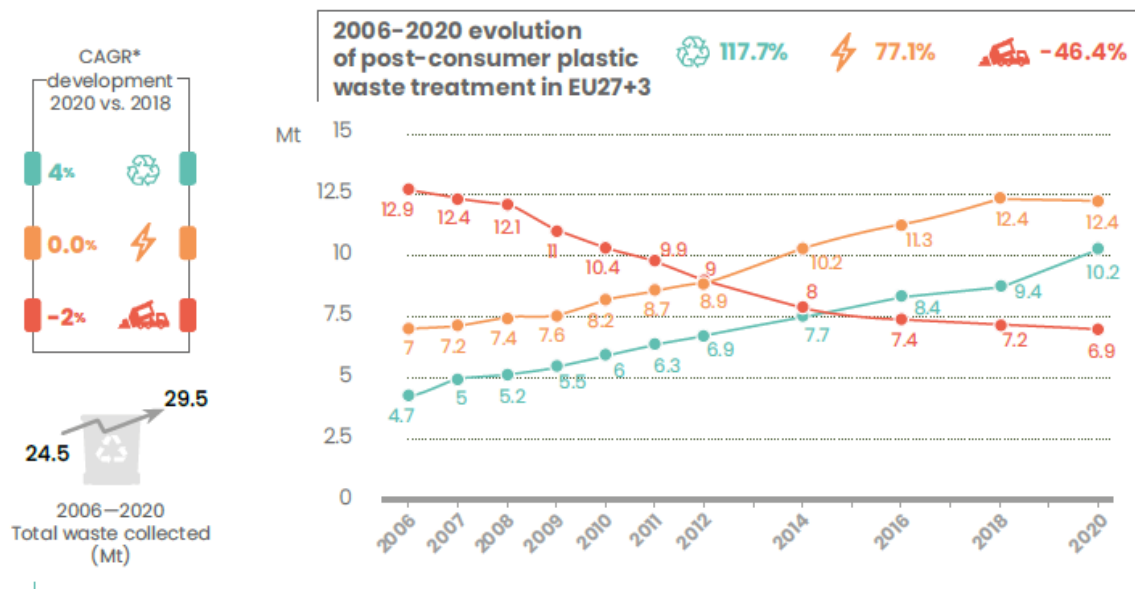
Samostatným v ČR zatím málo řešeným problémem je využití plastových odpadů v procesech výroby a jejich zpracování po skončení jejich životnosti. Jestliže v roce 2020 bylo v Evropě aplikováno 49 mil. tun

plastů, pak v odpadech jich skončilo 29,5 mil. tun. Využití těchto odpadů recyklací (včetně chemické recyklace), energetickým využitím a skládkováním je patrné z obr. č. 1.



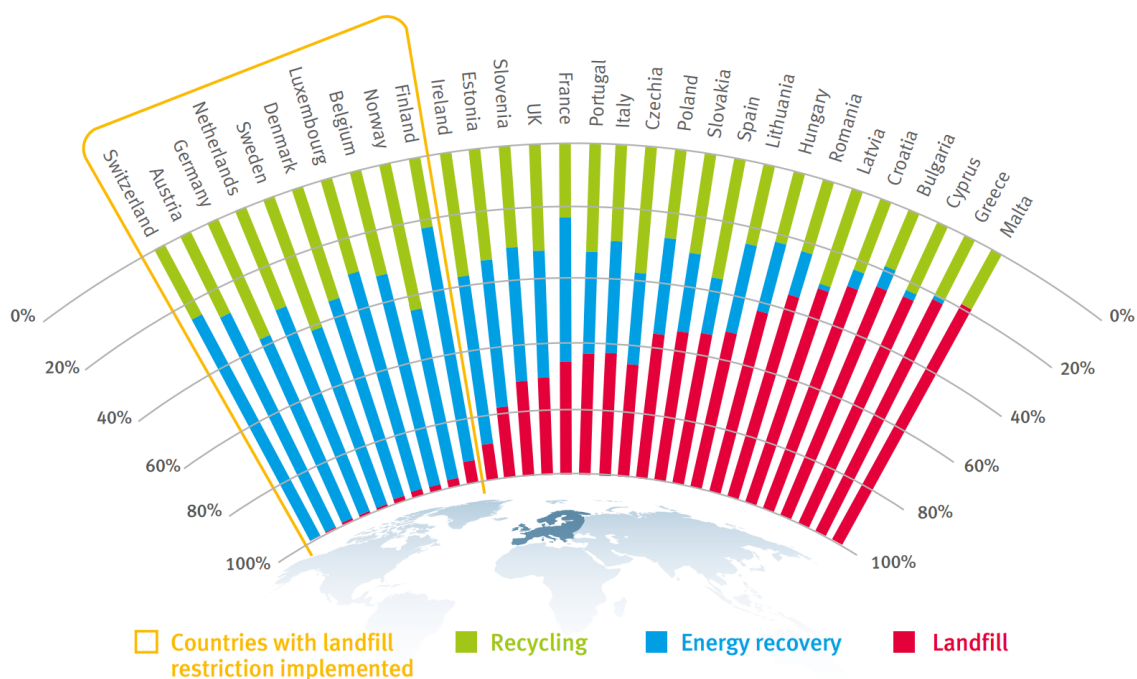
Obrázek 1 Využití odpadních plastů v Evropě v r. 2020

Dlouhodobě se snižuje v EU podíl skládkování odpadních plastů – obr. č. 2.



Obrázek 2 Trend využití plastových odpadů (2006–2020)

V ČR se spotřebovává ročně 1,3 mil. tun plastů. Dle modelu EU by mělo vznikat ročně 680 tis. tun odpadních plastů. Vykazujeme však pouze 436 tis. tun a z toho ještě 36 % skládkujeme – viz obr. č. 3. V EU činí hodnota sládkovaných odpadních plastů 8 miliard Euro, v ČR – 5,5 miliardy Kč.



Obrázek 3 Využití plastových odpadů v EU

Analyticky a výzkumně je nutno řešit bilancování odpadních plastů za hlavní aplikační segmenty – obaly, stavebnictví, dopravní a elektro prostředky a hlavně systém efektivního využití. Jedná se o potenciál pro malé a střední firmy.

Mezi potencionální řešitele lze uvést: EKO-KOM, Asociaci pro recyklaci stavebních materiálů, organizace určené pro recyklaci elektronických zařízení, VŠCHT, UTB Zlín a další.

V souvislosti s dalším vývojem efektivních a environmentálně přijatelných technologií pro výrobu plastů budou hledány nové chemické procesy a aplikována netradiční zařízení. V této oblasti budou uplatňovány například oxidační postupy pro destrukci toxických či obtížně biologicky odbouratelných organických polutantů metodami mokré oxidace za superkritických podmínek či v přítomnosti nových katalyzátorů. Do oblasti optimalizace procesů jsou zařazeny i prvky automatizační techniky, protože v ČR jsou vytvořeny dobré podmínky úspěšné realizace adaptivního řízení procesu (APC - Adaptive Process Control).

K řešení řady navržených témat je v ČR k dispozici solidní výzkumná základna, případně existuje i s úspěšným napojením na průmyslový výzkum.

Vědeckotechnický potenciál pro tento obor byl identifikován například: Ústav chemických procesů AV ČR, v.v.i. Praha, Vysoká škola chemicko-technologická Praha, Ústav jaderného výzkumu Řež a.s., Výzkumný ústav anorganické chemie, a.s., Ústí nad Labem a další.

Mezi potenciální řešitele a realizátory lze uvést například: Orlen Unipetrol RPA, Synthos Kralupy nad Vltavou, Synthomer Sokolov, Agrofert a.s. Praha, a další.

Návrh výzkumných témat v této oblasti je shrnut v kapitole 6.

### 4.3.1. Fyzikálně-chemické procesy na fázových rozhraních

Zajímavým námětem pro vývojové aktivity jsou elektrochemické procesy pro efektivní syntézu chemických specialit, resp. pro recyklační technologie. V technologických procesech bude stále růst význam membránových separačních procesů, které jsou založeny na využití fyzikálně chemických jevů vyskytujících se na fázových rozhraních. Membrány jsou přitom často založeny na speciálních polymerech nebo polymerech či kompozitech se speciální strukturou. Rozvoj lze očekávat jak při procesech tlakové separace, tak hlavně při procesech dělení plynů a par, pervaporace, membránové destilace a při elektromembránových procesech.

### 4.3.2. Výzkum nových procesů – chemické procesy za extrémních podmínek

Intenzifikace chemických procesů volbou extrémních podmínek využívá technologie, provozované při vysokých teplotách a tlacích, nebo v netradičních rozpouštědlech. Vybraná témata z této oblasti se zabývají například kinetikou reakcí s účasti plynů, termodynamikou procesů, procesy za superkritických podmínek, procesy s využitím plasmu pro úpravu povrchu plastů atd.

## 4.4. Recyklace plastů

V březnu 2022 se zástupci OSN dohodli na vypracování a schválení globální smlouvy, která by řešila problém plastových odpadů po skončení jejich aplikační životnosti. V září 2022 oznámily Nadace Ellen MacArthur a Světový fond na ochranu přírody (WWF) na zasedání 27. Valného shromáždění OSN vlastní plán na založení Podnikatelské koalice pro globální smlouvu o plastech. Zapojeno je 85 organizací, včetně nadnárodních společností, finančních institucí a nevládních organizací.

Zpráva asociace PlasticsEurope „Plasty – fakta 2022“ uvádí, že v roce 2021 se ve srovnání s rokem 2020 zvýšilo množství používaných recyklátů v nových plastech o pětinu na 10 %. Asociace evropských recyklátorů plastů PRE uvádí, že v roce 2021 byly v EU27+3 instalovány kapacity linek pro mechanickou recyklaci odpadních plastů v 730 provozovnách ve výši 11,3 mil. tun, což je o 17 % více než v roce 2020. Zaměstnávají 30 tis. osob při obratu 8,7 miliardy EUR. Potýkají se s problémy dostatečného množství kvalitních odpadů a vysokými cenami energií, když dle údajů CEFIC je evropská cena plynu pětikrát vyšší než v USA. Z hlediska podílu plastů pro mechanickou recyklaci dominují ze 75 % PET, PP a PE, následují PVC, směsné plasty, inženýrské plasty a PS. Zelená dohoda EU cílí na vyšší podíly recyklátů ve výrobcích z plastů. Evropská chemická asociace Cefic usiluje, aby EU uznala chemickou recyklaci (zahrnující procesy jako jsou solvolýza, depolymerace, pyrolýza a zplyňování) jako plnohodnotný proces materiálové recyklace vhodně doplňující možnosti mechanické recyklace.

Z globálního hlediska jsou Evropa a USA předními inovátory v oblasti recyklace plastů a alternativních technologií plastů, uvedla to nová studie s názvem „Patenty pro plasty zítřka: Globální inovační trendy v recyklaci, kruhovém designu a alternativních zdrojích“, kterou zveřejnil Evropský patentový úřad (EPO). Evropa a USA představovaly v letech 2010 až 2019 celosvětově 30 % patentové činnosti každá v těchto odvětvích, resp. 60 % dohromady. V rámci Evropy vykázalo nejvyšší podíl patentové aktivity v oblasti recyklace plastů a technologií bioplastů Německo (8 % celosvětově), zatímco Francie, Spojené království, Itálie, Nizozemsko a Belgie vynikají vyšší specializací v těchto oborech.

Studie zdůrazňuje, že ze všech recyklačních technologií dosáhly ve sledovaném období oblasti chemických a biologických metod recyklace nejvyšší úroveň patentové aktivity. Tyto metody



představovaly v letech 2010-19 celkem 9 000 IPF, což je dvojnásobek počtu podaných pro mechanickou recyklaci (4 500 IPF), která je v současnosti nejběžněji používaným řešením pro přeměnu plastového odpadu na nové produkty.

Zatímco patentování standardních chemických metod dosáhlo vrcholu v roce 2014, nově vznikající technologie, jako jsou biologické metody využívající živé organismy (1 500 IPF) nebo recyklace plastů na monomer (2 300 IPF), aktuálně stále rostou.

Pokud jde o budoucnost, studie zdůrazňuje významný potenciál v nových designech plastů pro snadnější recyklaci, oblast alternativních plastů, která se v posledních letech exponenciálně rozvinula, s průměrným ročním tempem růstu 10 % od roku 2010. Tyto technologie mají potenciální využití v letectví, stavebnictví, doprava, větrných turbínách i mikroelektronice.

Ropné společnosti budou pod tlakem výrobců elektroaut a značkových společností postupně omezovat rafinérské provozy, a svoje aktivity budou směřovat na zelené zdroje a recyklaci materiálů.

V ČR vykazujeme, že 40 % evidovaných plastových odpadů skládkujeme. Přitom 9 zemí EU již dnes sládkuje max. 1–3 % odpadních plastů. Ročně zakopáváme odpadní plasty v hodnotě 10 miliard Kč. Od roku 2030 bude skládkování plastů legislativně zakázáno ve všech státech EU. Efektivní využití odpadních plastů je proto velkou výzvou pro výzkum a malé a střední firmy. Polymery s vyšší přidanou hodnotou se prakticky nevyrábějí a musí se dovážet, takže i při vyrovnané výrobě a spotřebě kolem 1 mil. tun plastů je obchodní bilance pasivní.

Stále více firem se snaží využívat vlastní odpadní plasty nebo dokonce nahrazovat část vstupních surovin recyklovanými materiály a očekáváme, že tento trend bude pokračovat. Pro úspěšnou recyklaci je třeba odpadní plasty co nejlépe vytřídit. Čím čistější je odpad na vstupu do procesu, tím kvalitnější bude s největší pravděpodobností recyklát na výstupu, a tím snadnější bude jeho další využití.

Mnohostrannost plastů se odráží v jejich možnostech znovuvyužití. V zásadě jsou možné tři odlišné postupy:

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

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

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

Postupy surovinové recyklace umožňují látkově znovu využít velká množství odpadních plastů. Za tím účelem se použité plasty štěpí na výchozí látky nebo na chemické nebo petrochemické suroviny, které lze znovu použít k výrobě nových plastů nebo jiných výrobků. Takto získané produkty nepodléhají žádným omezením použití. Zejména organizace Cefic a Plastics Europe zdůrazňují nutnost využít chemickou recyklaci jako plnohodnotný nástroj pro materiálové využití odpadních plastů a pro plnění ambiciózních cílů EU a zdůrazňují přednosti chemické recyklace, která dává hodnotu jinak nepoužitelnému plastovému odpadu, umožňuje vyrábět plasty stejné kvality jako původní surovina, které lze použít ve vysoce náročných aplikacích, jako je kontakt s potravinami a balení potravin, snižuje použití fosilních surovin pro výrobu nových plastů a vykazuje podstatně nižší uhlíkovou stopu ve srovnání s energetickým využitím.

Recyklace plastů a dalších odpadních materiálů včetně biomasy jako významný zdroj druhotných surovin potřebuje ke zefektivnění pyrolýzních procesů celou řadu nanomateriálů od nanokatalyzátorů, zefektivňujících výtěžky z pyrolýzních produktů využitelné v chemických výrobcích a v případě biomasy i ve farmaceutických výrobcích až po membrány separující a zachycující odpadní plyny a umožňující jejich zpětné využití. Cirkulární ekonomika jako multidisciplinární obor vyžaduje fyzikální i chemické přístupy k recyklačním procesům v těsné součinnosti s inženýrským řešením pyrolýzních jednotek a s aktivním organizačním a realizačním příspěvkem státní správy.

## 5. Koncepce výzkumu a vývoje v ČR a úloha ČTP PLASTY při její realizaci

25. 1. 2021 byla vládou ČR schválena Národní výzkumná a inovační strategie pro inteligentní specializaci ČR 2021–2027 (z anglického Research and Innovation Strategy for Smart Specialisation – RIS3, dále též „Národní RIS3 strategie“), která zajišťuje efektivní zacílení prostředků především z evropských, národních a územních rozpočtů na podporu orientovaného a aplikovaného výzkumu a inovací. Viz <https://www.mpo.cz/cz/podnikani/ris3-strategie/>, kde jsou dostupné i její přílohy. Na její formulaci se významně podílely SCHP ČR, ČTP SusChem a ČTP Plasty. V současné době ČTP Plasty spolupracuje na aktualizaci Přílohy 1. Karty tematických oblastí, která obsahuje podrobnější obsahové vymezení jednotlivých tematických oblastí a domén specializace.

Mezi priority aplikovaného výzkumu, vývoje a inovací ČR, ke kterým se ČTP Plasty v souladu s RIS3 strategií hlásí, patří zejména:

- oběhová ekonomika,
- energetické zdroje, včetně úsporných opatření ve spotřebě energií,
- biologické a ekologické aspekty udržitelného rozvoje,
- materiálový výzkum,
- molekulární biologie a biotechnologie,
- informační společnost,
- bezpečnost a obrana.

Snahou ČTPP je stále aktivní zapojení do přípravy národních priorit VaVal, do příprav úpravy Metodiky hodnocení výsledků výzkumných organizací a hodnocení výsledků ukončených programů a do projektů MPO ČR týkajících se problematiky mezinárodní konkurenceschopnosti průmyslu v ČR.

ČTPP může pro tyto účely vypracovat detailnější analýzy konkurenceschopnosti českého plastikářského průmyslu v evropském či světovém kontextu, příp. i úlohy českých podniků v nadnárodních strukturách a zaměřit se pak na vytipování těch oborů, kde má český plastikářský průmysl tradici, odpovídající postavení a větší pravděpodobnost zásadního příspěvku k udržitelnosti české chemie a ke konkurenceschopnosti a udržitelnosti v evropském a celosvětovém kontextu.

Rovněž pozitivní ovlivňování legislativního prostředí pro chemický průmysl patří mezi základní úkoly SCHP ČR a ČTPP.

## 6. Navrhované směry výzkumu

### 1. Moderní plasty a spotřební výrobky

- vývoj výroby moderních obalových materiálů
- vývoj nových izolačních materiálů
- vývoj materiálů z obnovitelných surovin, zejména aditiv pro plasty
- vývoj moderních technologií zpracování plastů, včetně kompaundování a recyklace odpadních plastů
- rozvoj moderních aplikací komoditních, inženýrských a speciálních plastů
- využití a příprava strukturovaných polymerů
- vývoj biodegradabilních polymerů
- vývoj polymerů se speciálními vlastnostmi (magnetické, vodivé atd.), výzkum využití nano-sloučenin křemíku na bázi polyhedrálních silsesquioxanů (POSS) jako nosičů katalytických komponent při polymeraci styrenu a olefinů
- vývoj moderních zdravotně nezávadných anorganických UV absorbérů pro nátěrové hmoty, kosmetiku a plasty
- tkané a netkané polymerní textilie
- polymery pro ukládání energie
- polymery pro 3D tisk
- vývoj a efektivní využití plastových recyklátů
- nové bio – polyoly pro PUR
- vývoj nových typů plastových scintilačních detektorů a technologií jejich výroby

### 2. Nanokompozity

- výzkum zaměřený na pochopení efektů nano-plniv s velkým specifickým povrchem na mechanické vlastnosti, degradační a hořlavostní chování polymerů
- výzkum podmínek přípravy nových, netradičních typů nanokompozitních materiálů na bázi montmorillonitických jílu a dalších typů anorganických nanočástic
- vývoj metod pro dispergaci nanočástic a hodnocení jejich vlastností
- výzkum povlakových technologií se specializací zejména na automobilový průmysl, a výrobu dopravních prostředků
- využití a modifikace dosavadních způsobů přípravy nanočástic ke zlepšení vlastností polymerních materiálů a optimalizaci vlastností nanokompozitů vzhledem k zamýšlené oblasti jeho využití
- studium možností náhrady klasických (kovových) materiálů pomocí kompozitů s vlastnostmi upravenými na míru
- vývoj technologií přípravy nových typů anorganických a organických nanočástic
- vývoj povrchových úprav se zlepšenými vlastnostmi a odolností proti různým, zejména povětrnostním vlivům
- studium vlivu používání nanočástic na životní prostředí a zdraví
- vývoj samoorganizovatelných kompozitních materiálů a “chytrých povrchů”

### 3. Materiály pro zdravotnictví

- vývoj vhodných biopolymerů pro aplikace ve zdravotnictví
- vývoj tzv. bioanalogických polymerů (doprava léků, náhrada kůže nebo kostní dřevě)
- vývoj výroby nových membrán pro dialýzu

- pokročilé plasty pro farmaceutický průmysl a lékařství
- 4. Biotechnologická výroba komoditních chemikálií jakožto zdrojů pro výrobu plastů – aplikace zejména enzymatických a termochemických procesů na přípravu a výrobu plastů s vysokým komerčním potenciálem**
- výzkum nových typů katalyzátorů pro využití jak pro termochemické procesy, tak pro vzájemnou synergii s biochemickými konverzemi, které zvýší efektivitu a specifičnost štěpení celulosy na molekuly o velikosti C3 – C6
  - vývoj provozních technologií a celkový scale-up pro využití nových metod v reálných provozech
  - výzkum a vývoj nových vysoce efektivních metod (synergie enzymatických a standardních katalyzátorů) pro specifickou depolymerizaci a dealkylaci
  - extraktivní destilace rozvětvených bio-polymerů získaných z konverzí biomasy
  - výzkum a vývoj biopolymerů a způsobů nakládání s bio-polymery, především s biodegradovatelnými, po skončení jejich životnosti
  - návrh využití nových produktů ve stávajících podmínkách chemického a plastikářského průmyslu v ČR
- 5. Vývoj technologických procesů**
- snížit dobu produkčního cyklu s použitím nepřetržitého měření a kontroly výroby
  - potlačit produkci zmetků a/nebo nutnost přepracování produktů
  - posílit využití automatizace výroby pro zlepšení její bezpečnosti a snížení možných chyb operátora
  - snížit spotřební normy materiálů a energie a posílit nárůst výrobní kapacity
  - zajistit kontinualizaci procesu pro zvýšení efektivity s použitím zařízení malého měřítka – mikroaparáty
  - usnadnit variabilitu výrobní linky
- 6. Využití moderních katalyzátorů**
- nízkoteplotní katalýza pro rozklad zdraví škodlivých látek jako VOC ze stavebních hmot, lepidel a čisticích prostředků v interiérech
  - vývoj katalytické vnitřní vrstvy obalů potravin pro odstranění zbytkového kyslíku pro skladování potravin
  - výzkum výroby lehce nebo samočisticí superhydrofobní plochy pro různé užití např. stěnové barvy, okna, auta, zvukové bariéry, oděvy
  - vývoj polymer-stabilizovaných bimetalových nanokatalyzátorů
- 7. Reakce v elektromagnetickém poli, chemické procesy iniciované zářením**
- zářením iniciovaná polymerace, syntéza makromolekulárních látek
  - stárnutí, foto-degradace materiálů

## 7. Budoucí aktivity ČTP PLASTY, střednědobé cíle IAP do roku 2027

### 7.1. Základní cíle ČTP PLASTY

- zvyšování konkurenceschopnosti plastikářského průmyslu v České republice
- na základě iniciování a provádění vědecko-technických výzkumů a komerčního využití vědeckých řešení vytváření mostu mezi vědou, výzkumem a průmyslem v oblasti plastů
- propagace inovačních aktivit a vědecko-technického rozvoje v plastikářském průmyslu
- prosazování potřeb sektoru plastikářského průmyslu a především výzkumných a akademických pracovišť při řešení otázek výzkumu, vývoje a inovací na úrovni Rady vlády pro výzkum, vývoj a inovace
- podpora rozvoje odborného vysokoškolského vzdělávání pro zabezpečení potřeb průmyslu
- nabízet podporu při inovacích výrobního programu malých a středních firem, které nemají odpovídající výzkumné a vývojové zázemí
- spolupráce při vytváření politiky a právních předpisů sloužících k povzbuzení inovačních aktivit
- zapojení České republiky do realizace hlavních činností Plastics Europe a Evropské technologické platformy pro udržitelnou chemii následujícími způsoby:
  - zpracování a aktualizace vize rozvoje plastikářského průmyslu
  - zpracování a aktualizace SVA
  - zpracování a aktualizace IAP
  - iniciování a provádění vědecko-technických výzkumů a analýz vědeckotechnického potenciálu v oblasti plastů
  - zpracovat návrh programu podpory plastikářského průmyslu v ČR
- zapojení České republiky do evropských struktur: PlasticsEurope – výrobci primárních plastů a EuPC – asociace zpracovatelů plastů a několika evropských asociací pro recyklaci a využití odpadních plastů

Přínos pro členy ČTPP a pro rozvoj českého plastikářského průmyslu bude zhruba ve čtyřech hlavních oblastech:

- 1) Oblast informační** – udržování aktuálního souhrnu informací o stavu technologií a legislativy v ČR a porovnání se stavem v EU ve vztahu k udržitelnosti chemického a plastikářského průmyslu jako oboru, informace a podklady o komerčně využitelných technologiích, pro výzkumné subjekty náměty na projekty.
- 2) Oblast finanční (věcná)** – ČTPP vytvoří vhodné prostředí pro realizaci společných projektů mezi jednotlivými členy platformy a vytváření konsorcií, které se mohou v různých programech veřejné podpory ucházet o dotace na výzkum a realizaci svých inovačních záměrů, členové ČTPP tak rozšíří své zkušenosti z řešení společných projektů s veřejnou podporou.
- 3) Oblast lidských zdrojů** – ČTPP bude mapovat záměry jednotlivých členů v oblasti využití nových technologií, zdrojů surovin a nových materiálů a bude spolupracovat se vzdělávacími institucemi při formulaci nových studijních oborů.

**4) Neformální komunikační kanály** – vznik neformálních pracovních skupin založených na osobních kontaktech, zahrnující průřezově různé specializace, tyto vazby jsou klíčové při formulaci a řešení komplexních projektů.

## 7.2. Střednědobé cíle ČTP PLASTY

- Aktivní zapojení do přípravy národních priorit VaVal (RIS3 strategie) a jejich uplatňování ve výzvách podpory VaVal,
- analýzy konkurenceschopnosti českého plastikářského průmyslu v evropském či světovém kontextu, příp. i úlohy českých podniků v nadnárodních strukturách a zaměřit se pak na vytipování těch oborů, kde má český plastikářský průmysl tradici, odpovídající postavení a větší pravděpodobnost zásadního příspěvku ke konkurenceschopnosti a udržitelnosti v evropském a celosvětovém kontextu,
- pozitivní ovlivňování legislativního prostředí pro chemický a plastikářský průmysl v EU a ČR,
- aktivněji zapojit ČTPP do přípravy budoucího programovacího období rámcových programů EU, zejména realizace legislativního balíčku pro využití odpadních plastů v oběhové ekonomice,
- aktivně zapojit ČTPP do konzultačních skupin při přípravě výzev národních programů výzkumu,
- spolupracovat při vytváření politiky a právních předpisů sloužících k povzbuzení inovačních aktivit,
- zpracovat podrobnější analýzu konkurenceschopnosti českého chemického průmyslu v evropském či světovém kontextu,
- podporovat rozvoj technického vysokoškolského vzdělávání,
- podpořit větší zapojení MSP do využívání českého vědeckotechnického potenciálu,
- ČTPP se zapojí do řešení grantových projektů s cílem získat prostředky pro udržitelnost.

Úspěšnost žadatelů v soutěžích o státní podporu je zásadně odvislá od toho, jak dobře je napsána a doložena přihláška do soutěže. Malé firmy často přicházejí s dobrými nápěty, ale protože se nespojí se zkušenými výzkumnými pracovišti, nedoloží projekt dostatečně a v soutěži neuspějí. Tomu by mohlo napomoci vypracováním mapy výzkumných pracovišť na podnikatelské i akademické úrovni, ze které by vyplývalo, které typy projektů jsou jednotlivá pracoviště schopná technicky a personálně řešit. Současně bude zpracován přehled potenciálních MSP, s kterými by mohla ČTPP spolupracovat.

Úkolem ČTPP bude průběžně sledovat plnění jednotlivých kroků a provádět podle konkrétního vývoje situace korekce IAP, tak aby členové ČTPP měli aktuální informace o postupu řešení. ČTPP bude organizovat pravidelně (alespoň jednou ročně) seminář k upřesnění IAP.

ČTPP bude usilovat o rozšíření členské základny zejména z průmyslových podniků s cílem posílit aplikační potenciál v oblasti plastikářského průmyslu.

K zajištění publicity výsledků práce ČTPP budou strategické dokumenty zveřejňovány na webové stránce ČTPP (<https://www.tp-plasty.cz/>) a propagovány a diskutovány na akcích ČTPP a při dalších vhodných příležitostech.

ČTPP se zapojí do řešení grantových projektů s cílem získat prostředky pro udržitelnost.

Úlohou SČP ČR a ČTPP bude aktivně spolupracovat s Technologickou agenturou ČR a Radou výzkumu, vývoje a inovací, Technologickým centrem Akademie věd ČR, Svazem průmyslu a dopravy ČR, Hospodářskou komorou a dalšími organizacemi, zejména při společném prosazování cílů IAP.

Významnou roli sehraje efektivní spolupráce s dalšími národními technologickými platformami, jak je uvedeno v SVA.

SCHP ČR bude využívat IAP jako nástroj pro orientaci základního výzkumu, stanovení politik, pro přípravu národních priorit výzkumu, experimentálního vývoje a inovací, připomínkování zákonů a lobování SCHP ČR ve prospěch chemických podniků a výzkumných organizací. Zúčastnění, kteří budou nakonec provádět aktivity popsané v IAP, jsou rozmanití. Zahrnují celou škálu podílníků (akademická sféra, průmysl, státní správa), stejně jako samotnou platformu a partnery angažované v ČTPP nyní i v budoucnu.

V období 2023–2027 bude platforma pokračovat ve svých aktivitách zaměřených následujícími směry:

- Monitoring dalšího vývoje v oblasti udržitelnosti rozvoje chemie a plastikářského průmyslu po stránce technické, technologické a legislativní.
- Ve spolupráci s Cefic, Plastics Europe a ETP SusChem bude zajišťovat zpětnou vazbu mezi možnostmi ČR a požadavky EU.
- Podporovat spolupráci na mezinárodní úrovni.



## 8. Závěr

Pouze efektivní a koordinovaná podpora VaVal v ČR může přinést výsledky v podobě posílení konkurenceschopnosti českých podniků a v důsledku toho i posílení celé české ekonomiky. Žádoucí je posílení mezioborové spolupráce, neboť mezioborový přenos výsledků VaVal může znásobit využitelnost těchto výsledků a multiplikovat ekonomický efekt plynoucí z VaVal.

Pro budoucí konkurenceschopnost České republiky, pro její úspěch na globálních trzích, a tedy také pro její ekonomický růst není důležité, zdali případné intervence spadají do rámce kohezní politiky nebo nespádají, ale důležité je, zdali jsou nebo nejsou pro Českou republiku potřebné, účelné a smysluplné. Pokud smysluplné jsou, je nutné hledat způsoby pro jejich realizaci i mimo kohezní politiku.

Zajímavý potenciál pro inovace mohou mít malé firmy, které se odštěpily od existujících dominantních hráčů a specializovaly se na úzký segment, jemuž přizpůsobily své aktivity, a mohou tak být úspěšnější, než široce rozkročení dominantní hráči. I u těchto menších firem lze ale v odvětví chemického průmyslu očekávat potřebu investic do aktivit VaVal spojenou s dobrými manažerskými a strategickými dovednostmi. Ukazuje se, že zde je prostor pro uplatnění výzkumných kapacit akademických pracovišť.

## 9. Seznam použitých zkratk

APC	Advanced Process Control
AV	Akademie věd
CTT	Centrum pro transfer technologií
ČTP	Česká technologická platforma
ČTPP	Česká technologická platforma PLASTY
IAP	Implementační akční plán
MSP	Malý a střední podnik
NACE	Klasifikace ekon. činností dle nařízení evrop. parlamentu a Rady č. ES 1893/2006
NERV	Národní ekonomická rada vlády
NIP	Národní inovační politika
NMR	Nukleární magnetická resonance
NP VaVal	Národní politika výzkumu, vývoje a inovací
NTP	Národní technologické platformy
OLED	Organic Light Emitting Diode
RVVI	Rada pro výzkum, vývoj a inovace
SCHP ČR	Svaz chemického průmyslu ČR
SVA	Strategická výzkumná agenda
TP	Technologická platforma
VaV	Věda a výzkum
VaVal	Výzkum, vývoj a inovace
VTP	Vědeckotechnický park