



Spolufinancováno
Evropskou unií



MINISTERSTVO
PRŮMYSLU A OBCHODU



Akční plán digitální a zelené transformace pro vodíkové technologie

*Název projektu: „Koordinační činnost České vodíkové technologické platformy 2027“
CZ.01.01.01/07/24_052/0005624*

Květen 2026

Zpracoval: Ing. Martin Křemenák a kolektiv autorů

Email: martin.kremenak@hytep.cz

Obsah

1. Manažerské shrnutí	4
2. Úvod a cíl dokumentu.....	7
2.1 Povinnost zpracování dle výzvy OP TAK.....	8
2.2 Identifikace projektu a role platformy HYTEP	9
2.3 Účel dokumentu	10
2.4 Vazba na strategický a regulatorní rámec	11
2.5 Časový rámec realizace.....	12
2.6 Postavení dokumentu v systému řízení platformy	13
2.7 Veřejná dostupnost, veřejné představení a aktualizace.....	14
3. Metodologie přípravy plánu	15
3.1 Sběr dat, zapojení stakeholderů a podpůrné studie.....	16
3.2 Metodologie gap analýzy.....	18
4. Současný stav rozvoje vodíku v České republice, včetně potenciálu do budoucna.....	20
4.1 Role vodíku v dekarbonizaci sektorů.....	21
4.2 Stav technologického rozvoje klíčových vodíkových technologií.....	23
4.3 Stav digitalizace vodíkového ekosystému	25
4.4 Hodnotové a dodavatelské řetězce klíčových technologií.....	27
4.5 Budoucí potenciál vodíku s ohledem na současný vývoj.....	30
5. Legislativní, technologické a další výzvy při uplatňování vodíku v sektorech průmyslu, dopravy a energetiky.....	33
5.1 Legislativní a regulatorní výzvy	33
5.2 Technologické výzvy a omezení	34
5.3 Ekonomické a investiční výzvy.....	36
5.4 Tržní výzvy a problém poptávky.....	37
5.5 Infrastrukturní a provozní výzvy.....	38
5.6 Výzvy v oblasti dovedností, koordinace a institucionálního prostředí	40
5.7 Shrnutí hlavních výzev.....	41
6. Současný stav výzkumně-vývojových aktivit v oblasti vodíku v České republice	43
6.1 Výzkumné kapacity v České republice.....	44
6.2 Zaměření výzkumu a vývoje v České republice.....	45
6.3 Příklady projektů a institucionální zapojení	47
6.4 Přenos výsledků do praxe a spolupráce s průmyslem.....	49
6.5 Silné stránky a hlavní limity současného stavu.....	51

7. Systémové bariéry pro podporu od výzkumně-vývojových aktivit až po malé a střední podniky v oblasti vodíkových technologií.....	54
7.1 Bariéry ve výzkumu a inovacích.....	54
7.2 Bariéry v přenosu výsledků do praxe	56
7.3 Bariéry pro malé a střední podniky.....	57
7.4 Investiční a finanční bariéry	58
7.5 Digitální a datové bariéry	59
7.6 Institucionální a koordinační bariéry	60
7.7 Investiční potřeby rozvoje vodíkových technologií v České republice.....	62
7.8 Chybějící dovednosti a kompetence malých a středních podniků	64
7.9 Shrnutí systémových bariér.....	67
8. Návrh opatření pro řešení systémových bariér v oblasti podpory vodíkových technologií.....	69
8.1 Posílení výzkumné a inovační infrastruktury	70
8.2 Podpora přenosu výsledků do praxe	71
8.3 Cílená podpora malých a středních podniků.....	72
8.4 Zlepšení investičních a finančních podmínek.....	73
8.5 Rozvoj digitálních schopností, datového prostředí a certifikační připravenosti.....	75
8.6 Posílení koordinace, spolupráce a institucionálního rámce.....	76
8.7 Rozvoj lidských zdrojů a odborných kompetencí.....	77
8.8 Principy prioritizace a implementace opatření	78
8.9 Shrnutí návrhu opatření.....	81
9. Závěr a doporučení pro rozhodovací orgány	83
9.1 Hlavní závěry Akčního plánu.....	83
9.2 Doporučení pro veřejnou správu a rozhodovací orgány	84
9.3 Doporučení pro další činnost HYTEP	86
9.4 Závěrečné shrnutí	87
Příloha A – Seznam zdrojů	90
Příloha B – Vazba požadavků OP TAK na obsah Akčního plánu	92

1. Manažerské shrnutí

Akční plán digitální a zelené transformace pro vodíkové technologie představuje strategický a koordinační rámec České vodíkové technologické platformy pro období 2026–2030. Dokument vznikl v návaznosti na projekt „Koordinační činnost České vodíkové technologické platformy 2027“ a požadavky výzvy OP TAK – Technologické platformy – výzva II. Jeho účelem není nahradit národní strategické dokumenty ani definovat závazný investiční plán jednotlivých subjektů, ale vytvořit prakticky využitelný rámec pro rozvoj vodíkových technologií v České republice, pro koordinaci aktérů, podporu malých a středních podniků, formulaci priorit a převod identifikovaných bariér do konkrétních opatření. [1]

Vodík je v tomto dokumentu chápán jako průřezová technologie, která se nachází na rozhraní průmyslu, energetiky, dopravy, výzkumu, digitalizace, infrastruktury a regulace. Nejde pouze o energetický nosič nebo průmyslovou surovinu, ale o součást širší zelené a digitální transformace. Zelená dimenze spočívá zejména v možnosti snižovat emise v sektorech, kde je přímá elektrifikace technicky obtížná nebo ekonomicky nevýhodná. Digitální dimenze souvisí s řízením provozu, prací s daty, certifikací, sledovatelností původu vodíku, interoperabilitou a kybernetickou bezpečností. Právě propojení těchto dvou transformačních rovin je jedním z hlavních východisek Akčního plánu. [2], [3], [5], [6], [8], [9], [10], [11]

Z analýzy současného stavu vyplývá, že český vodíkový sektor se nachází ve fázi postupného formování. Česká republika již dnes disponuje relevantní odbornou základnou, výzkumnými kapacitami, zkušeností s tradičním průmyslovým využitím vodíku, prvními projekty a rostoucím zájmem veřejné správy i podniků. Současně však zatím nejde o plně rozvinutý trh. Rozvoj je zpomalován regulatorní nejistotou, slabou nebo nejistou poptávkou, vysokou investiční náročností, omezenou infrastrukturou, nedostatečným počtem pilotních a demonstračních projektů, slabším přenosem výsledků výzkumu do praxe a ne zcela rozvinutým digitálním a koordinačním rámcem. [3], [4], [7]

Z hlediska sektorového uplatnění má vodík v českých podmínkách největší bezprostřední význam především v průmyslu. Jde zejména o oblasti, kde již dnes existuje spotřeba vodíku nebo kde lze očekávat jeho využití jako nástroje dekarbonizace technologicky obtížně elektrifikovatelných procesů. Typicky se jedná o chemický a rafinérský sektor a vybrané další průmyslové aplikace. V dopravě je vodík perspektivní zejména ve vybraných segmentech těžké, dálkové, intenzivně provozované nebo logisticky koncentrované dopravy. V energetice může v delším horizontu sehrát roli zejména v oblasti flexibility, akumulace, řízení spotřeby a sektorového propojení, avšak tato oblast je v českém prostředí zatím více podmíněná a méně bezprostřední. [5], [6]

Akční plán proto zdůrazňuje potřebu realistické prioritizace. Vodík by neměl být vnímán jako univerzální řešení pro všechny sektory, ale jako cílený nástroj pro oblasti, kde může přinášet skutečnou technologickou, emisní nebo systémovou přidanou hodnotu. Pro další rozvoj bude rozhodující, zda se podaří propojit výrobu, infrastrukturu, koncové využití, certifikaci, data, financování a tržní poptávku do funkčních hodnotových řetězců. Samotná

existence technologie nebo strategického cíle nebude postačovat, pokud nevzniknou konkrétní projekty, odběratelské vazby, investiční modely a podpůrné mechanismy.

Významnou část potenciálu českého vodíkového sektoru nelze spojovat pouze s výrobou samotného vodíku. Důležitá je také možnost zapojení českých subjektů do hodnotových a dodavatelských řetězců. Studie EGU ukazuje význam podpůrných systémů zařízení, komponent, měření, bezpečnosti, sensoriky, řízení, integrace, digitalizace a servisních služeb. Právě v těchto oblastech může český průmysl a výzkumná sféra nacházet prostor pro specializaci a vytváření domácí přidané hodnoty, i když Česká republika nebude pokrývat celý řetězec vlastními kapacitami. [4], [12]

Současný stav výzkumně-vývojových aktivit v oblasti vodíku lze hodnotit jako odborně relevantní, avšak zatím systémově omezený. Existují výzkumné organizace, technická pracoviště a projekty zaměřené na elektrolytické technologie, materiály, bezpečnost, infrastrukturu, provozní otázky a digitalizaci. Přetrvává však fragmentace, omezená dostupnost testovacích a demonstračních kapacit a slabší návaznost mezi výzkumem, pilotním ověřením a komercializací. Právě schopnost převést výsledky výzkumu do ověřených technologií, produktů, služeb a průmyslových aplikací bude jedním z rozhodujících faktorů dalšího rozvoje sektoru. [3], [7]

Malé a střední podniky představují jednu z klíčových cílových skupin Akčního plánu. Mohou být nositeli specializovaných inovací, komponent, digitálních řešení, měření, bezpečnostních prvků, softwaru, integračních služeb nebo technického know-how. Současně však narážejí na bariéry, které jsou pro ně často tvrdší než pro velké průmyslové hráče. Patří mezi ně omezený přístup ke kapitálu, nedostatek vlastních kapacit pro testování a certifikaci, administrativní a regulatorní náročnost, složitější přístup k pilotním projektům, omezená viditelnost a nedostatek odborných kompetencí v oblasti digitalizace, investiční přípravy, duševního vlastnictví a komercializace. [3], [7]

Zásadní závěr Akčního plánu spočívá v tom, že hlavní překážky rozvoje vodíkových technologií mají systémový charakter. Nejde pouze o izolovaný problém ceny technologií, nedostatku investic nebo slabé infrastruktury. Jednotlivé bariéry se navzájem posilují: slabá poptávka snižuje ochotu investovat, nízká investiční aktivita omezuje počet pilotních projektů, nedostatek pilotních projektů brzdí transfer výsledků výzkumu do praxe a slabší transfer dále snižuje motivaci podniků a investorů vstupovat do sektoru. Proto je nutné pracovat s vodíkovým ekosystémem jako s propojeným systémem, nikoli jako se souborem oddělených technických nebo dotačních témat.

Akční plán identifikuje několik hlavních oblastí systémových bariér.

- První oblastí jsou bariéry ve výzkumu a inovacích, zejména fragmentace, omezenější testovací a demonstrační infrastruktura a slabší návaznost výzkumu na průmyslové potřeby.
- Druhou oblastí je přenos výsledků do praxe, kde chybí dostatečně silný most mezi laboratorním vývojem, pilotním ověřením, certifikací, investičním modelem a tržním využitím.

- Třetí oblastí jsou specifické bariéry MSP, zejména financování, kapacity, certifikace, přístup k partnerům a dostupnost sdílené infrastruktury.
- Čtvrtou oblastí jsou investiční a finanční bariéry, včetně nízké financovatelnosti projektů a mezery mezi grantovou podporou a komerčním financováním.
- Pátou oblastí jsou digitální a datové bariéry, tedy práce s daty, dohledatelnost, interoperabilita, kybernetická bezpečnost a certifikace.
- Šestou oblastí jsou institucionální a koordinační bariéry, které souvisejí s mezioborovým a meziresortním charakterem vodíkového sektoru. [3], [4], [7]

Na tyto bariéry navazuje návrhová část Akčního plánu. Navržená opatření se soustředí na posílení výzkumné a inovační infrastruktury, podporu přenosu výsledků do praxe, cílenou podporu MSP, zlepšení investičních a finančních podmínek, rozvoj digitálních schopností, datového prostředí a certifikační připravenosti, posílení koordinace a rozvoj lidských zdrojů. Smyslem opatření není vytvořit izolovaný seznam aktivit, ale provázaný rámec, který umožní postupně odstraňovat hlavní systémové překážky a zvyšovat schopnost českého prostředí připravovat, ověřovat a realizovat vodíkové projekty.

V oblasti výzkumné a inovační infrastruktury je prioritou rozvoj a zpřístupnění testovacích, validačních a demonstračních kapacit. Tyto kapacity jsou důležité zejména pro překlenutí mezery mezi výzkumným výsledkem a jeho praktickým ověřením. V oblasti transferu výsledků do praxe je třeba podporovat pilotní a demonstrační projekty, práci s duševním vlastnictvím, licencováním, zapojením průmyslových partnerů a vznikem referenčních projektů. V oblasti podpory MSP je důležité zlepšit přístup k informacím, poradenství, infrastrukturu, financování, certifikaci a partnerství. V oblasti financování je nutné lépe propojit výzkumnou podporu, pilotní ověření, demonstrační projekty a nástroje pro škálování. V oblasti digitalizace je třeba rozvíjet schopnost pracovat s daty, řízením provozu, certifikací, interoperabilitou a kybernetickou bezpečností. V oblasti koordinace je klíčové posílit návaznost mezi veřejnou správou, výzkumem, podniky, regiony, investory a technologickými platformami.

Role HYTEP v tomto rámci je především koordinační, odborná a zprostředkující. Platforma nemá nahrazovat investory, regulátory, výzkumné organizace ani realizátory jednotlivých projektů. Její přidaná hodnota spočívá ve schopnosti propojovat aktéry, sbírat a vyhodnocovat podněty z praxe, identifikovat bariéry, formulovat odborná doporučení, podporovat komunikaci mezi sektorem a veřejnou správou, zviditelňovat potřeby MSP a vytvářet prostor pro vznik partnerství, projektových záměrů a navazujících aktivit. V tomto smyslu je Akční plán nejen výstupem projektu, ale také pracovním nástrojem pro další činnost platformy.

Pro veřejnou správu a rozhodovací orgány dokument formuluje několik hlavních doporučení. Prvním je zachovat realistický a sektorově diferencovaný přístup k vodíku. Druhým je posilovat návaznost mezi výzkumnou podporou, testováním, demonstracemi, investicemi a průmyslovými prioritami. Třetím je cíleně posilovat podmínky pro malé a střední podniky. Čtvrtým je zahrnout digitální a certifikační připravenost do strategického uvažování od počátku. Pátým je posílit institucionální koordinaci napříč resorty, podpůrnými programy, regiony a trhem. Šestým je využívat technologické platformy a

oborové asociace jako partnery při formulaci, ověřování a aktualizaci podpůrných opatření.

Akční plán zároveň zdůrazňuje, že období 2026–2030 bude pro český vodíkový sektor přechodovou fází. Nebude pravděpodobně obdobím plošného a masového nasazení všech vodíkových aplikací, ale spíše obdobím, ve kterém se rozhodne o kvalitě základů pro další rozvoj. Klíčové bude, zda se podaří vytvořit funkční pilotní a demonstrační projekty, posílit výzkumnou a testovací infrastrukturu, zlepšit investiční připravenost projektů, zapojit MSP do hodnotových řetězců, rozvíjet digitální a certifikační schopnosti a nastavit pravidelnou koordinaci mezi aktéry.

Závěrem lze konstatovat, že vodíkové technologie představují pro Českou republiku významnou příležitost, ale nikoli příležitost automatickou. Jejich rozvoj bude záviset na schopnosti spojit technologický potenciál s realistickou prioritizací, kvalitním podpůrným prostředím, funkčním financováním, digitální připraveností a dlouhodobou koordinací. Česká republika nemusí usilovat o plošný rozvoj všech vodíkových aplikací současně. Měla by se zaměřit na oblasti, kde má vodík reálnou přidanou hodnotu, kde existuje průmyslová nebo výzkumná opora a kde lze postupně vytvářet funkční vazby mezi výrobou, infrastrukturou, využitím, daty, certifikací a trhem.

Akční plán má k tomuto cíli sloužit jako strategický a koordinační rámec pro období 2026–2030. Jeho hodnota nebude spočívat pouze v samotném textu, ale především v tom, zda bude dále využíván jako pracovní nástroj pro činnost HYTEP, komunikaci s rozhodovacími orgány, podporu členů platformy, přípravu navazujících aktivit a průběžné vyhodnocování potřeb sektoru. Dokument by proto měl zůstat živým rámcem, který bude možné aktualizovat podle vývoje technologií, trhu, regulace a zkušeností z realizovaných projektů.

2. Úvod a cíl dokumentu

Akční plán digitální a zelené transformace pro vodíkové technologie představuje strategický a koordinační dokument České vodíkové technologické platformy pro období 2026–2030. Jeho účelem je vytvořit věcně ukotvený rámec pro podporu rozvoje vodíkových technologií v České republice v podmínkách probíhající dekarbonizace průmyslu, dopravy a energetiky a současně v prostředí rostoucích nároků na digitalizaci, datové řízení, automatizaci, certifikaci a sledovatelnost původu vodíku. [1], [2]

Význam vodíku v tomto období roste nejen v souvislosti s plněním klimatických a energetických cílů, ale také v návaznosti na potřebu posilovat technologickou konkurenceschopnost, průmyslovou odolnost a zapojení českých podniků do nově vznikajících evropských hodnotových řetězců. Vodík proto není v tomto dokumentu chápán pouze jako energetický nosič nebo průmyslová surovina, ale jako průřezová technologie, jejíž rozvoj vyžaduje propojení investic, výzkumu, regulace, infrastruktury, digitálních nástrojů a trhu.

Dokument vychází z předpokladu, že rozvoj vodíkového hospodářství není dán pouze dostupností jednotlivých technologií. Stejně důležitá je kvalita regulatorního prostředí, investiční připravenost, úroveň výzkumných a inovačních kapacit, schopnost podniků zapojit se do vznikajících hodnotových a dodavatelských řetězců a schopnost celého systému pracovat s daty, řízením provozu a prokazováním environmentálních parametrů vodíku. Akční plán proto propojuje zelenou transformaci, tedy dekarbonizační roli vodíku, s transformací digitální, která je nezbytná pro efektivní, bezpečné a důvěryhodné fungování vodíkového ekosystému. [3], [4]

Akční plán není investičním ani realizačním dokumentem pro jednotlivé projekty. Je koncipován jako strategický, koordinační a orientační rámec, který shrnuje výchozí stav sektoru, identifikuje jeho hlavní potřeby a bariéry a navrhuje opatření, jež mohou přispět k systematičtějšimu rozvoji vodíkových technologií v České republice. Současně má sloužit jako referenční dokument pro další činnost platformy HYTEP, její členy i relevantní partnery z veřejné správy, výzkumné sféry, průmyslu a finančního sektoru. [1]

2.1 Povinnost zpracování dle výzvy OP TAK

Akční plán je zpracován jako povinný výstup projektu podpořeného v rámci Operačního programu Technologie a aplikace pro konkurenceschopnost, konkrétně v aktivitě zaměřené na rozvoj technologických platforem a podporu digitální a zelené transformace. Výzva OP TAK „Technologické platformy – výzva II“ podporuje koordinační činnosti technologických platforem při vytváření a implementaci strategií směřujících k digitální a zelené transformaci průmyslu, posilování mezinárodní konkurenceschopnosti a technologickému rozvoji oboru. [1]

Zpracování Akčního plánu je proto nutné chápat nejen jako administrativní požadavek projektu, ale jako jeden z hlavních nástrojů, prostřednictvím něhož má technologická platforma strukturovat potřeby oboru, formulovat priority a převést poznatky získané z odborné, podnikové a výzkumné praxe do podoby konkrétních opatření. Dokument má současně vytvořit návaznost mezi strategickými cíli projektu a praktickými aktivitami platformy v oblasti síťování, odborné komunikace, podpory inovací, rozvoje dovedností a zapojování podniků do transformačních procesů.

Podmínky výzvy zároveň předpokládají zpracování Akčního plánu pro digitální a zelenou transformaci a jeho předložení ve stanoveném časovém rámci. Součástí práce technologické platformy má být také veřejné představení Akčního plánu v průběhu realizace projektu. [1] Tento požadavek posiluje koordinační charakter dokumentu: Akční plán nemá být pouze interním materiálem platformy, ale podkladem pro komunikaci se členy, veřejnou správou, výzkumnými organizacemi, podniky a dalšími relevantními stakeholdery.

Tomu odpovídá i zaměření tohoto dokumentu. Akční plán se soustředí na identifikaci potřeb vodíkového sektoru, vyhodnocení hlavních systémových bariér a formulaci opatření, která mohou podpořit technologický rozvoj, spolupráci mezi podniky a výzkumnými organizacemi, rozvoj dovedností, investiční připravenost a širší uplatnění

pokročilých technologií v praxi. Součástí jeho logiky je také důraz na hodnotové a dodavatelské řetězce, posilování domácích kapacit a vytváření podmínek pro navazující projekty výzkumu, vývoje a inovací. [1], [3], [4]

Zpracování Akčního plánu proto není pojato jako formální splnění projektové povinnosti. Dokument má sloužit jako pracovní a strategický základ pro další činnost platformy, pro komunikaci se stakeholdery a pro lepší koordinaci aktivit mezi podniky, výzkumnými organizacemi, veřejnou správou a dalšími aktéry vodíkového ekosystému. V tomto smyslu vytváří most mezi projektovým rámcem OP TAK a dlouhodobější potřebou systematicky rozvíjet vodíkové technologie jako součást digitální a zelené transformace českého průmyslu.

2.2 Identifikace projektu a role platformy HYTEP

Tento Akční plán je zpracován v rámci projektu „Koordinační činnost České vodíkové technologické platformy 2027“, registrační číslo CZ.01.01.01/07/24_052/0005624. Projekt je realizován Českou vodíkovou technologickou platformou, která v jeho rámci vystupuje jako odborný a koordinační subjekt pro oblast vodíkových technologií v České republice. [3], [4]

Role platformy HYTEP v tomto projektu nespočívá pouze ve zpracování samotného dokumentu. Podstatou činnosti platformy je propojování relevantních aktérů, identifikace klíčových potřeb sektoru, formulace odborných výstupů a podpora spolupráce mezi průmyslovými podniky, výzkumnými organizacemi, veřejnou správou a dalšími institucemi. Platforma tak plní funkci národního koordinačního uzlu, který přispívá k vytváření podmínek pro technologický rozvoj sektoru a pro lepší připravenost českého prostředí na rozvoj vodíkových aplikací.

Význam této koordinační role je dán tím, že vodíkové hospodářství nevzniká jako izolovaný technologický segment, ale jako průřezový ekosystém propojující energetiku, průmysl, dopravu, výzkum, digitalizaci, financování a veřejnou správu. Pro jeho rozvoj je proto nezbytné vytvářet společný jazyk mezi jednotlivými skupinami aktérů, zprostředkovávat odborné poznatky, identifikovat praktické bariéry a formulovat priority, které mohou být následně promítnuty do projektů, veřejných politik, podpůrných programů i činnosti samotné platformy.

Akční plán představuje jeden z hlavních strategických výstupů projektu. Jeho smyslem je vymezit společný rámec pro další činnost platformy HYTEP, identifikovat prioritní oblasti rozvoje a vytvořit základ pro navazující aktivity v oblasti výzkumu, inovací, síťování, podpory podniků, rozvoje dovedností a odborné komunikace se státní správou a dalšími partnery. Dokument zároveň umožňuje lépe propojit analytické výstupy projektu s praktickou činností platformy, zejména s přípravou tematických aktivit, diskusí se stakeholdery a formulací doporučení pro další rozvoj českého vodíkového ekosystému.

Tabulka 1: Základní vymezení Akčního plánu

Prvek	Vymezení
Název dokumentu	Akční plán digitální a zelené transformace pro vodíkové technologie
Nositel dokumentu	Česká vodíková technologická platforma
Projekt	Koordinační činnost České vodíkové technologické platformy 2027
Registrační číslo projektu	CZ.01.01.01/07/24_052/0005624
Programový rámec	OP TAK – Technologické platformy – výzva II
Časový horizont	2026–2030
Charakter dokumentu	Strategický, koordinační a orientační rámec
Hlavní tematické osy	Zelená transformace, digitální transformace, VaVaI, MSP, hodnotové a dodavatelské řetězce, regulatorní prostředí
Předpokládané využití	Plánování aktivit platformy HYTEP, komunikace se stakeholdery, formulace opatření, příprava navazujících projektů

Zdroj: vlastní zpracování HYTEP na základě projektového rámce OP TAK, podkladové studie PwC, studie EGU a vlastního vymezení dokumentu. [1], [3], [4]

2.3 Účel dokumentu

Účelem tohoto dokumentu je vytvořit strategický a metodický rámec pro rozvoj vodíkových technologií v České republice v období 2026–2030. Dokument má sloužit jako podklad pro systematické posouzení stavu sektoru, identifikaci jeho hlavních bariér a návrh opatření, která podpoří jeho další technologický, institucionální a tržní rozvoj.

Akční plán současně plní funkci koordinačního nástroje. Má usnadnit orientaci v hlavních tématech rozvoje vodíkového hospodářství, vymežit priority platformy a vytvořit společný referenční rámec pro komunikaci mezi podniky, výzkumnými organizacemi, veřejnou správou a dalšími relevantními subjekty. V tomto smyslu dokument

nepředstavuje pouze souhrn analytických poznatků, ale i praktický základ pro další rozhodování, plánování a přípravu navazujících aktivit.

Z hlediska své vnitřní logiky dokument propojuje tři základní roviny. První rovinou je analytické zhodnocení současného stavu vodíkového sektoru, včetně technologických, regulatorních, investičních, digitálních a kompetenčních souvislostí. Druhou rovinou je identifikace mezer a bariér, které brání rychlejšímu rozvoji vodíkových technologií a jejich širšímu uplatnění v praxi. Třetí rovinou je návrh opatření, která mohou být využita při další činnosti platformy, při komunikaci s veřejnou správou, při nastavování podpůrných aktivit a při přípravě navazujících projektů.

Účelem dokumentu je rovněž přispět k lepšímu propojení výzkumu, vývoje, inovací a aplikační sféry. Zvláštní důraz je proto kladen na podmínky pro malé a střední podniky, stav inovační infrastruktury, dostupnost kompetencí a schopnost českých subjektů zapojit se do evropských a mezinárodních hodnotových řetězců v oblasti vodíkových technologií. [3], [4]

Dokument má zároveň pomoci rozlišit mezi obecnými strategickými ambicemi a opatřeními, která jsou relevantní pro české prostředí a realizovatelná v období působnosti Akčního plánu. Tím se posiluje jeho praktická využitelnost: nejde pouze o pojmenování dlouhodobého potenciálu vodíku, ale o vytvoření pracovního rámce, který umožní prioritizovat témata, sledovat jejich vývoj a průběžně vyhodnocovat, zda navržená opatření odpovídají skutečným potřebám sektoru.

2.4 Vazba na strategický a regulatorní rámec

Akční plán navazuje na národní i evropský strategický rámec pro rozvoj vodíkového hospodářství. V českém prostředí je klíčovým referenčním dokumentem aktualizovaná Vodíková strategie České republiky z roku 2024, která reaguje na vývoj technologií, změny v evropském legislativním rámci a nové evropské cíle. Aktualizace Vodíkové strategie byla schválena vládou dne 17. července 2024. [5]

Vodíková strategie ČR vymezuje vodík jako nástroj pro snižování emisí skleníkových plynů a současně jako příležitost pro podporu ekonomického růstu, průmyslové modernizace a technologického rozvoje. Pracuje přitom s vodíkem nejen jako s palivem pro vybrané dopravní aplikace, ale také jako s průmyslovou surovinou, nosičem energie, prostředkem pro akumulaci a přepravu energie a potenciálním zdrojem tepla pro specifické technologie. Tím vytváří národní rámec, na který tento Akční plán navazuje při posuzování potřeb českého vodíkového ekosystému. [5]

Na evropské úrovni je rozvoj vodíku zasazen zejména do rámce energetické transformace, dekarbonizace průmyslu a dopravy, rozvoje obnovitelného a nízkouhlíkového vodíku a přípravy pravidel pro budoucí vodíkový trh. Součástí tohoto rámce je i cíl REPowerEU dosáhnout do roku 2030 výroby 10 milionů tun obnovitelného vodíku v EU a dovozu dalších 10 milionů tun obnovitelného vodíku. [6]

Strategický a regulační rámec EU současně postupně zpřesňuje podmínky, za nichž bude možné vodík považovat za obnovitelný nebo nízkouhlíkový, jakým způsobem bude prokázován jeho původ a environmentální parametry a jak bude začleňován do pravidel pro průmysl, dopravu, energetiku a infrastrukturu. Významné jsou zejména pravidla pro obnovitelná paliva nebiologického původu, vznikající rámec pro vnitřní trh s vodíkem a metodika pro posuzování emisních úspor nízkouhlíkových paliv. Pro české prostředí to znamená, že rozvoj vodíku nebude záviset pouze na domácích prioritách, ale také na schopnosti včas reagovat na evropskou legislativu, certifikační požadavky, pravidla podpory a vznikající standardy trhu. [8], [9], [10], [11]

Současně je vhodné vnímat vodík také v širším kontextu evropské průmyslové politiky. Clean Industrial Deal zdůrazňuje potřebu spojit dekarbonizaci s konkurenceschopností evropského průmyslu, podporou čistých technologií, dostupnější energií a lepšími podmínkami pro investice v energeticky náročných odvětvích. Tento rámec je pro Akční plán relevantní zejména proto, že vodíkové technologie nejsou pouze environmentálním nástrojem, ale také součástí průmyslové modernizace, rozvoje hodnotových řetězců a posilování technologické odolnosti. [12]

Tento Akční plán proto pracuje s vodíkem nejen jako s technologickým tématem, ale jako s průřezovým prvkem průmyslové, energetické, dopravní, výzkumné a digitální transformace. V českém kontextu je důležité zejména realisticky určit oblasti, ve kterých může vodík přinášet nejvyšší přidanou hodnotu, a současně pojmenovat podmínky, bez nichž se strategické cíle nepromítnou do reálných projektů.

Akční plán v tomto smyslu nenahrazuje národní ani evropské strategické dokumenty. Jeho úlohou je převést jejich obecné priority do kontextu technologické platformy, potřeb českých aktérů a konkrétních bariér, které ovlivňují rozvoj výzkumu, inovací, podnikání, dodavatelských řetězců a praktických vodíkových aplikací v České republice.

2.5 Časový rámec realizace

Akční plán je zpracován pro období 2026–2030. Tento časový horizont odpovídá potřebě zachytit nejbližší fázi rozvoje vodíkového sektoru v České republice, tedy období, ve kterém bude docházet k postupnému zpřesňování regulačního rámce, formování trhu, rozvoji výzkumných a demonstračních aktivit a vytváření prvních robustnějších vazeb mezi výrobou, infrastrukturou a koncovým využitím vodíku.

Období 2026–2030 je současně významné tím, že představuje přechodovou fázi mezi strategickým vymezováním vodíku a jeho praktickým ověřováním v konkrétních projektech. V této fázi bude rozhodující, zda se podaří vytvořit podmínky pro vznik prvních funkčních řetězců od výroby přes distribuci až po koncové využití, ověřit ekonomickou a provozní proveditelnost vybraných aplikací a zapojit české podniky a výzkumné organizace do navazujících evropských aktivit.

Zvolený časový rámec umožňuje formulovat opatření, která jsou dostatečně konkrétní a realizovatelná ve střednědobém horizontu, ale zároveň ponechává prostor pro průběžné vyhodnocování a aktualizaci dokumentu podle technologického, tržního a legislativního

vývoje. Akční plán proto není pojat jako jednorázový text, ale jako dokument, který má být průběžně využíván a dále rozvíjen.

Pro období do roku 2030 je důležité rozlišovat mezi opatřeními, která mohou být realizována přímo v rámci činnosti platformy, a opatřeními, která vyžadují součinnost veřejné správy, podniků, výzkumných organizací, investorů nebo dalších institucí. Akční plán proto pracuje s časovým rámcem jako s orientačním nástrojem pro prioritizaci, nikoli jako s pevně závazným harmonogramem jednotlivých investic nebo projektů.

Vedle horizontu 2026–2030 dokument zohledňuje i širší strategický kontext dalšího rozvoje vodíkových technologií po roce 2030, zejména tam, kde je to důležité pro pochopení investičních, infrastrukturních nebo technologických souvislostí. Některé oblasti, například rozvoj vodíkové infrastruktury, průmyslové přeměny nebo zapojení vodíku do energetických systémů, mají delší investiční a realizační cykly, a proto je nutné je vnímat i za hranicí bezprostředního období Akčního plánu.

2.6 Postavení dokumentu v systému řízení platformy

Akční plán představuje základní strategický rámec pro činnost HYTEP v oblasti podpory digitální a zelené transformace vodíkových technologií. V systému řízení platformy plní roli dokumentu, který propojuje analytické poznatky, identifikované potřeby sektoru a návrhy konkrétních opatření s praktickou činností platformy vůči jejím členům i vůči dalším partnerům.

Dokument slouží jako referenční podklad pro plánování tematických aktivit platformy, formulaci stanovisek, přípravu navazujících projektových záměrů a odbornou komunikaci s institucemi veřejné správy, výzkumnou sférou i podnikatelským prostředím. Současně podporuje vnitřní metodickou konzistenci činnosti platformy, protože vytváří společný rámec pro práci s prioritami, bariérami a navrhovanými opatřeními.

V praktické rovině má Akční plán pomáhat při určování tematických priorit platformy, při přípravě odborných seminářů, workshopů, kulatých stolů a dalších aktivit zaměřených na rozvoj vodíkového ekosystému. Může být využíván také jako podklad pro identifikaci témat vhodných pro další analytické výstupy, projektové záměry, mezioborovou spolupráci a komunikaci s veřejnou správou.

Význam dokumentu spočívá také v tom, že umožňuje lépe sledovat návaznost mezi zjištěnými potřebami sektoru a následnou činností platformy. Pokud Akční plán identifikuje konkrétní bariéry nebo rozvojové priority, měl by sloužit jako vodítko pro to, jaká témata budou dále rozpracována, jaké skupiny aktérů bude vhodné zapojit a jakým způsobem budou výsledky komunikovány členům platformy i externím partnerům.

Jeho postavení je tedy především koordinační a orientační. Akční plán neurčuje závazné investiční kroky jednotlivých subjektů, ale vytváří strukturovaný základ pro to, aby další aktivity platformy byly věcně ukotvené, vzájemně provázané a dlouhodobě srozumitelné. Zároveň poskytuje rámec pro průběžné vyhodnocování toho, zda činnost platformy

odpovídá hlavním potřebám vodíkového sektoru a zda navržená opatření zůstávají relevantní vzhledem k vývoji technologií, trhu a regulace.

2.7 Veřejná dostupnost, veřejné představení a aktualizace

Akční plán je určen ke zveřejnění a k širšímu využití odbornou i institucionální veřejností. Jeho veřejná dostupnost odpovídá jak smyslu dokumentu, tak projektovému rámci, v němž vzniká. Dokument bude po dokončení zveřejněn prostřednictvím komunikačních kanálů HYTEP a bude sloužit jako referenční materiál pro členy platformy, orgány veřejné správy, výzkumné organizace, podniky i další relevantní stakeholdery. [1]

Veřejná dostupnost dokumentu má zároveň podpořit transparentnost práce platformy a usnadnit sdílení hlavních závěrů směrem k aktérům, kteří se podílejí na rozvoji vodíkového ekosystému nebo jsou jeho budoucím vývojem dotčeni. Akční plán tak může sloužit nejen jako interní vodítko pro činnost HYTEP, ale také jako společný podklad pro odbornou diskusi o prioritách, bariérách a opatřeních potřebných pro rozvoj vodíkových technologií v České republice.

Součástí práce s Akčním plánem bude i jeho veřejné představení. To bude realizováno zejména prostřednictvím odborných akcí HYTEP, tematických workshopů, konferenčních vystoupení, odborných publikací a digitálních komunikačních nástrojů. Smyslem veřejného představení nebude pouze formální zveřejnění dokumentu, ale zejména vysvětlení jeho priorit, prezentace navrhovaných opatření a zapojení relevantních aktérů do další diskuse o jeho implementaci.

Akční plán je současně koncipován jako živý strategický dokument, který bude v průběhu období 2026–2030 průběžně aktualizován. Důvodem je očekávaný vývoj regulatorního prostředí, technologií, trhu i institucionálních priorit. Aktualizace dokumentu budou vycházet z průběžného monitoringu, z vyhodnocení dosud realizovaných opatření a z nových poznatků získaných v rámci činnosti platformy i širšího vodíkového ekosystému.

Průběžná aktualizace je důležitá zejména proto, že vodíkový sektor se vyvíjí v prostředí vysoké regulatorní, technologické a tržní dynamiky. Opatření, která jsou relevantní v době zpracování dokumentu, mohou v následujících letech vyžadovat zpřesnění, doplnění nebo odlišnou prioritizaci. Dokument proto vytváří rámec, který umožňuje reagovat na nové poznatky, změny legislativy, vývoj podpůrných programů, výsledky demonstračních projektů a zkušenosti členů platformy.

V souladu s projektovým rámcem bude součástí další práce s dokumentem také průběžné zhodnocení realizovaných akcí a opatření a promítnutí těchto výsledků do aktualizované verze Akčního plánu. Dokument tak nebude plnit pouze roli výchozí strategie, ale i roli průběžně rozvíjeného rámce, který bude reagovat na skutečný vývoj sektoru a na zkušenosti získané během implementace.

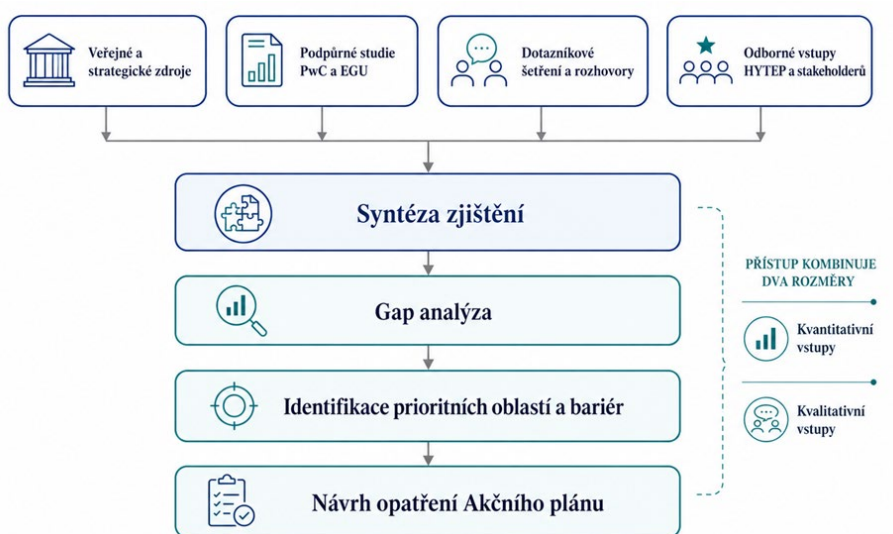
3. Metodologie přípravy plánu

Akční plán byl zpracován jako strategický dokument založený na kombinaci analytické práce, expertního posouzení a cíleného sběru podnětů od relevantních aktérů vodíkového ekosystému. Zvolený metodický přístup vychází z potřeby propojit obecný strategický rámec digitální a zelené transformace s konkrétními potřebami českého prostředí a současně zachytit technologické, regulatorní, investiční, institucionální i digitální souvislosti rozvoje vodíkových technologií.

Příprava plánu byla nastavena tak, aby výsledný dokument nebyl pouze obecným koncepčním textem, ale praktickým strategickým rámcem vycházejícím z reálných potřeb sektoru. Důraz byl proto kladen na vícezdrojový přístup, který kombinuje rešeršní práci, zpracování podpůrných studií, dotazníkové šetření, rozhovory se stakeholdery a následnou syntézu zjištění do podoby gap analýzy a návrhu opatření. Tento přístup umožnil propojit pohled výzkumné sféry, průmyslové praxe, veřejné správy i menších inovativních firem. [3], [7]

Metodika současně reflektuje skutečnost, že vodíkový sektor v České republice se nachází ve fázi postupného rozvoje a formování. V řadě oblastí proto dosud neexistuje dostatek jednotných dat, ustálených tržních mechanismů nebo dlouhodobě ověřených modelů spolupráce mezi výrobcí, odběrateli, výzkumnými organizacemi a veřejnou správou. Právě z tohoto důvodu bylo nezbytné kombinovat dostupná data a veřejné zdroje s expertním posouzením a kvalitativními vstupy od aktérů, kteří se v oboru přímo pohybují.

Metodický postup přípravy Akčního plánu lze shrnout jako postupný přechod od sběru vstupních informací přes jejich vyhodnocení až po formulaci priorit a návrhu opatření. Nešlo tedy pouze o popis současného stavu, ale o převod analytických zjištění do struktury, která je využitelná pro další činnost platformy, komunikaci se stakeholdery a přípravu navazujících aktivit v oblasti digitální a zelené transformace.



Obrázek 1: Metodický postup přípravy Akčního plánu

Zdroj: vlastní zpracování HYTEP

3.1 Sběr dat, zapojení stakeholderů a podpůrné studie

Základ metodiky tvořil sběr a vyhodnocení dostupných podkladů vztahujících se k vodíkovým technologiím, jejich výzkumu, komercializaci, regulačnímu rámci, dodavatelským řetězcům a podmínkám jejich širšího uplatnění. Tato práce byla doplněna o cílené zapojení stakeholderů a o zpracování podpůrných analytických materiálů, které sloužily jako věcný podklad pro jednotlivé části Akčního plánu.

Zvláštní pozornost byla věnována malým a středním podnikům, veřejné správě, výzkumným organizacím, průmyslovým subjektům a otázkám digitalizace, protože právě tyto oblasti významně ovlivňují připravenost českého vodíkového ekosystému. Metodika proto nesledovala pouze technické parametry jednotlivých řešení, ale také širší podmínky jejich zavádění, komercializace a začlenění do hodnotových řetězců.

Klíčovým podpůrným materiálem byla studie zpracovaná společností PwC pro potřeby Akčního plánu. Tato studie byla připravena jako podklad v rámci projektu „Koordinační činnost České vodíkové technologické platformy 2027“ a zaměřila se zejména na oblast výzkumu, vývoje a komercializace vodíkových technologií, s důrazem na technologie výroby obnovitelného vodíku a na prostředí malých a středních podniků. Studie současně pracovala s tématem duální transformace jako propojení ekologické a digitální změny v oblasti vodíkových technologií. [3]

Použitá metodika podpůrné studie kombinovala několik vrstev získávání informací. Vedle rešerše veřejně dostupných zdrojů zahrnovala přímé rozhovory s relevantními aktéry, dotazníkové šetření a následné vyhodnocení zjištění. Cílem bylo identifikovat potřeby a bariéry zejména u malých a středních podniků a startupů, a to jak z hlediska technologií, tak z pohledu financování, regulačního prostředí, dostupnosti expertů, spolupráce s výzkumnou sférou a celkové připravenosti na rozvoj vodíkových aplikací. [3], [7]

Dotazníková šetření byla využita jako doplňkový kvalitativní a kvantitativní vstup k ověření bariér a potřeb identifikovaných v rozhovorech a rešeršní části. Jejich význam spočíval zejména v tom, že umožnila zachytit konkrétní zkušenosti aktérů působících v oblasti výroby obnovitelného vodíku, včetně vnímání investiční náročnosti, regulačních překážek, dostupnosti expertů, spolupráce s výzkumnými organizacemi a limitů pro rozvoj startupů a MSP. [7]

Dotazníková šetření a rozhovory měly podpůrný a validační charakter. Jejich účelem nebylo vytvořit statisticky reprezentativní obraz celého trhu, ale ověřit a doplnit hlavní bariéry a potřeby identifikované v rešeršní části a v podkladových studiích. Při interpretaci výsledků proto byly využívány zejména jako kvalitativní vstup pro gap analýzu a formulaci opatření.

Vedle studie PwC byla do přípravy Akčního plánu promítnuta také podkladová studie EGU zaměřená na identifikaci dodavatelských řetězců vodíkových technologií. Tato studie rozšířila metodický základ dokumentu o pohled na technologické a dodavatelské vazby v oblasti elektrolyzérů, palivových článků a dalších relevantních technologií. Její význam spočívá zejména v tom, že umožňuje posoudit rozvoj vodíkového sektoru nejen z hlediska

výzkumu, poptávky nebo regulace, ale také z hlediska dostupnosti komponent, geografické koncentrace dodavatelů a potenciálních úzkých míst hodnotového řetězce. [4]

Vedle těchto studií byly do přípravy Akčního plánu promítnuty také další odborné vstupy HYTEP vycházející z dlouhodobé komunikace s členy platformy, veřejnou správou, výzkumnými organizacemi a průmyslovými aktéry. To bylo důležité zejména proto, že podpůrná studie PwC je tematicky užší a soustředí se především na segment výroby obnovitelného vodíku a na potřeby MSP. Pro finální podobu Akčního plánu proto bylo nutné tato zjištění doplnit širším sektorovým pohledem, který zahrnuje také otázky infrastruktury, koncového využití vodíku, role veřejné správy, digitalizace provozu, certifikace a integrace vodíkových řešení do širších energetických a průmyslových systémů.

Zapojení stakeholderů bylo v metodice chápáno jako zásadní součást tvorby dokumentu. Nešlo pouze o sběr názorů, ale o získání praktických poznatků od subjektů, které se podílejí na výzkumu, vývoji, dodávkách technologií, přípravě projektů, regulaci, financování nebo implementaci vodíkových řešení. Význam tohoto přístupu spočívá v tom, že umožňuje odlišit obecně deklarované priority od skutečných bariér, se kterými se jednotliví aktéři setkávají v praxi.

Metodologie tak byla od počátku nastavena jako kombinace kvantitativních a kvalitativních vstupů. Kvantitativní část přinesla základní strukturovaný přehled o vnímaných bariérách, prioritách a potřebách. Kvalitativní část naopak umožnila lépe pochopit kontext jednotlivých problémů, jejich vzájemné vazby a praktické dopady na rozvoj projektů, komercializaci technologií a připravenost trhu. [3], [7]

Tabulka 2: Hlavní vstupy použité při přípravě Akčního plánu

Typ vstupu	Účel využití v Akčním plánu
Veřejné strategické a regulatorní zdroje	Vymezení širšího národního a evropského rámce rozvoje vodíku
Studie PwC pro Akční plán	Analýza VaVal, MSP, startupů, bariér a potřeb v oblasti výroby obnovitelného vodíku
Dotazníkové šetření a rozhovory	Zachycení praktických zkušeností a vnímaných bariér relevantních aktérů
Studie EGU k dodavatelským řetězcům	Zhodnocení hodnotových a dodavatelských řetězců klíčových vodíkových technologií
Odborné vstupy platformy HYTEP	Doplnění sektorového pohledu napříč průmyslem, dopravou, energetikou, regulací a digitalizací
Gap analýza	Převod zjištění do identifikace mezer, priorit a návrhu opatření

Zdroj: vlastní zpracování HYTEP na základě projektového rámce OP TAK, podkladové studie PwC, studie EGU a dotazníkových šetření. [1], [3], [4], [7]

3.2 Metodologie gap analýzy

Na základě shromážděných dat, podpůrných studií a stakeholderových vstupů byla provedena gap analýza, jejímž cílem bylo identifikovat rozdíl mezi současným stavem vodíkového ekosystému v České republice a stavem, který bude nutný pro širší a systematičtější rozvoj vodíkových technologií v podmínkách duální transformace. Tato analýza nepředstavuje pouze popis nedostatků, ale slouží především jako nástroj pro určení prioritních oblastí, ve kterých je třeba navrhnout konkrétní opatření.

Gap analýza byla vedena jako systémové posouzení několika vzájemně propojených oblastí. První rovinou byla oblast technologická, tedy otázka technologické připravenosti, dostupnosti řešení, jejich ekonomické a provozní použitelnosti a schopnosti jejich širšího zavádění. Druhou rovinou byla oblast regulatorní a institucionální, zahrnující právní prostředí, správní postupy, podmínky certifikace a celkovou míru předvídatelnosti prostředí pro investory a inovátory. Třetí rovinou byla oblast investiční a tržní, tedy dostupnost kapitálu, bankovatelnost projektů, tržní poptávka a schopnost vytvářet udržitelné obchodní modely.

Čtvrtou rovinou byla oblast kompetenční a organizační, která se týká lidských zdrojů, výzkumných kapacit, přenosu výsledků do praxe, schopnosti spolupráce a úrovně zapojení malých a středních podniků. Pátou rovinou byla oblast digitální, zejména řízení provozu, práce s daty, certifikace, dohledatelnost, interoperabilita a kybernetická bezpečnost. Tento širší rámec zároveň odpovídá struktuře Akčního plánu, který v dalších kapitolách rozlišuje technologické, regulatorní, investiční, kompetenční a digitální bariéry.

Při vyhodnocení jednotlivých mezer nebylo cílem vytvářet čistě akademickou klasifikaci problémů, ale určit, které překážky mají největší dopad na reálný rozvoj sektoru a které současně mohou být ovlivněny činností platformy, veřejné správy nebo navazujících podpůrných programů. Gap analýza proto sloužila jako přechodový krok mezi analytickou částí dokumentu a návrhovou částí. Její výstupy tvoří základ pro formulaci opatření v dalších kapitolách Akčního plánu.

Metodika gap analýzy zároveň vychází z toho, že vodíkový ekosystém není možné posuzovat izolovaně. Stav sektoru je určován nejen připraveností jednotlivých technologií, ale také stavem dodavatelských řetězců, dostupností kvalifikovaných pracovníků, kvalitou podpůrného prostředí, možnostmi financování a schopností institucí reagovat na nový typ technologické a investiční potřeby. Z tohoto důvodu byla gap analýza vedena jako mezioborová a systémová. [3], [4]

Důležitým metodickým principem bylo také rozlišení mezi bariérami, které mají obecný charakter a dotýkají se většiny subjektů v sektoru, a bariérami, které jsou specifické pro určitou skupinu aktérů, zejména pro malé a střední podniky, startupy nebo výzkumné organizace. Tento přístup umožňuje v návrhové části dokumentu lépe odlišit systémová opatření od cílených intervencí zaměřených na konkrétní segmenty ekosystému.

Výsledkem metodického postupu popsaného v této kapitole je Akční plán, který je postaven na kombinaci dat, odborných podkladů, expertního posouzení a praktických zkušeností stakeholderů. Takto zvolený přístup vytváří metodicky ukotvený základ pro další části dokumentu, zejména pro popis současného stavu sektoru, identifikaci bariér a formulaci návrhu opatření.

4. Současný stav rozvoje vodíku v České republice, včetně potenciálu do budoucna

Rozvoj vodíku v České republice se nachází ve fázi postupného přechodu od obecné strategické debaty k prvnímu systematičtějším formování trhu, projektů a podpůrného ekosystému. Vodík již dnes není v českém průmyslovém prostředí neznámou látkou, avšak jeho dosavadní role byla převážně spojena s tradičními průmyslovými aplikacemi, zejména v chemickém a rafinérském sektoru. Novým prvkem současného vývoje je snaha využít vodík nikoli pouze jako zavedenou průmyslovou surovinu, ale jako jeden z nástrojů dekarbonizace a technologické transformace průmyslu, dopravy a energetiky. Tento posun je podmíněn nejen vývojem technologií, ale také regulatorním tlakem, dostupností investic, rozvojem infrastruktury a schopností vytvářet životaschopné obchodní modely. [5]

Současný stav českého vodíkového sektoru je charakterizován několika paralelně probíhajícími procesy. Na jedné straně existují funkční průmyslové provozy, výzkumné kapacity, technologické know-how a první demonstrační aktivity. Na druhé straně přetrvává vysoká míra nejistoty ohledně tempa tržního rozvoje, ekonomické návratnosti projektů, budoucí struktury poptávky, dostupnosti nízkoemisního nebo obnovitelného vodíku a konečné podoby některých pravidel pro certifikaci, podporu a využití vodíku v jednotlivých sektorech. Právě tento nesoulad mezi strategickými očekáváními a omezenou komerční realitou je jedním z určujících rysů současné fáze rozvoje vodíku v České republice. [3], [5]

Pro hodnocení současného stavu je důležité rozlišovat mezi existující spotřebou vodíku a rozvojem nového vodíkového hospodářství. V prvním případě jde zejména o zavedené průmyslové využití vodíku jako suroviny. Ve druhém případě jde o širší transformační koncept, který zahrnuje výrobu obnovitelného a nízkouhlíkového vodíku, jeho certifikaci, skladování, distribuci, zapojení do průmyslových a dopravních aplikací, potenciální využití v energetice a rozvoj navazujících technologických a digitálních řešení. Tato dvě pojetí se v praxi částečně překrývají, ale nejsou totožná. Akční plán proto pracuje s vodíkem nejen jako s komoditou, ale jako s celým vznikajícím ekosystémem.

Podkladová studie PwC a studie EGU současně ukazují, že rozvoj sektoru nelze posuzovat pouze optikou výroby vodíku. Pro praktické uplatnění vodíkových technologií je nutné sledovat také technologickou připravenost koncových aplikací, stav hodnotových a dodavatelských řetězců, dostupnost komponent a služeb, úroveň digitalizace, kvalitu datových a certifikačních procesů a schopnost propojit výzkum s praxí. Právě tato systémová perspektiva je důležitá pro pochopení toho, proč se vodíkový sektor nerozvíjí pouze výstavbou jednotlivých výrobních zařízení, ale vyžaduje koordinovaný rozvoj celého řetězce od výzkumu a výroby až po koncové využití. [3], [4]

V českém prostředí proto nelze současný stav hodnotit ani jako čistě počáteční, ani jako plně rozvinutý. Sektor má určité odborné, průmyslové a výzkumné základy, ale zároveň se nachází ve fázi, kdy je potřeba vytvořit stabilnější poptávku, zlepšit investiční předvídatelnost, rozvíjet infrastrukturu, posílit zapojení podniků do evropských

hodnotových řetězců a připravit podmínky pro širší nasazení digitálních, certifikačních a provozních nástrojů. Budoucí potenciál vodíku v České republice proto závisí méně na samotné deklaraci strategických cílů a více na schopnosti převést tyto cíle do konkrétních projektů, tržních podmínek a funkční spolupráce mezi veřejnou správou, průmyslem, výzkumnou sférou a technologickými dodavateli.

4.1 Role vodíku v dekarbonizaci sektorů

V českých podmínkách je vodík relevantní především jako nástroj dekarbonizace těch oblastí, kde nelze očekávat snadnou nebo ekonomicky efektivní přímou elektrifikaci. Nejvýznamnější roli má proto v průmyslu, zejména v chemických výrobcích, rafinérství a dalších provozech s existující nebo potenciální spotřebou vodíku. Právě průmyslové využití představuje z hlediska české reality nejpřirozenější výchozí bod dalšího rozvoje, protože navazuje na existující technologickou zkušenost, infrastrukturu a známé provozní potřeby. Vodík zde není hypotetickou budoucí komoditou, ale látkou, která již v systému existuje a jejíž význam se nově proměňuje z hlediska emisní stopy a způsobu výroby. [5]

V průmyslu může vodík plnit několik rozdílných funkcí. V první řadě jde o náhradu stávajícího fosilního vodíku nízkoemisním nebo obnovitelným vodíkem tam, kde je vodík již dnes využíván jako technologická surovina. Dále může být vodík využit jako vstup pro nové nebo modernizované průmyslové procesy, včetně výroby syntetických paliv, chemických produktů nebo potenciálně i vybraných vysokoteplotních aplikací. Pro český kontext je důležité, že průmyslové využití vodíku má nejbližší vazbu na existující poptávku, a proto představuje realističtější výchozí oblast než aplikace, které by vyžadovaly vznik zcela nové spotřebitelské infrastruktury.

Vedle průmyslu je vodík zvažován také jako možné řešení pro vybrané segmenty dopravy, zejména tam, kde mohou být důležité vyšší nároky na dojezd, rychlost doplnění paliva, intenzivní provoz nebo návaznost na logistická a průmyslová centra. To se může týkat především těžké nákladní dopravy, intenzivně provozovaných vozových parků, specifických regionálních aplikací nebo návaznosti na logistická a průmyslová centra. Zároveň však platí, že dopravní aplikace vodíku jsou v českém prostředí zatím ve výrazně ranější fázi než jeho role v průmyslu. Jejich další rozvoj bude záviset na dostupnosti plnicí infrastruktury, cenové konkurenceschopnosti vodíku, dostupnosti vozidel a na tom, zda vznikne dostatečně stabilní a předvídatelná poptávka.

V oblasti energetiky je význam vodíku spojován zejména s budoucí systémovou flexibilitou, akumulací energie, řízením spotřeby a v delším horizontu i s rolí při integraci proměnlivých obnovitelných zdrojů. Vodík může v této souvislosti působit jako prostředek sektorového propojení mezi elektřinou, plynem, průmyslem a dopravou. V českém prostředí však tato oblast zatím zůstává převážně ve fázi přípravy, koncepčních úvah a prvních demonstračních projektů. Energetické využití vodíku proto nelze chápat jako okamžitě dostupné plošné řešení, ale spíše jako střednědobou až dlouhodobou možnost, jejíž význam poroste s rozvojem obnovitelných zdrojů, flexibilních spotřeb a odpovídající infrastruktury. [5], [6]

Z hlediska zelené transformace tedy vodík v českém kontextu nepředstavuje jednotné univerzální řešení pro všechny sektory, ale diferencovaný nástroj, jehož význam se liší podle konkrétního typu aplikace. Průmysl představuje nejbližší a nejrealističtější oblast uplatnění, doprava je perspektivní jen ve vybraných segmentech a energetika představuje spíše střednědobou až dlouhodobou oblast rozvoje. Tato sektorová diferenciaci je důležitá i pro další části Akčního plánu, protože ukazuje, že rozvoj vodíku v České republice bude do značné míry záviset na schopnosti upřednostňovat realistické oblasti využití a nepracovat s vodíkem jako s jednotně použitelným řešením bez ohledu na ekonomický, infrastrukturní a technologický kontext.

Tabulka 3: Role vodíku podle sektorů a fáze připravenosti

Sektor	Hlavní role vodíku	Stav v ČR	Časový horizont významnějšího rozvoje
Průmysl	Náhrada stávajícího fosilního vodíku, surovina pro chemii a rafinérství, vybrané vysokoteplotní nebo procesní aplikace	Existující spotřeba vodíku, omezený rozvoj nízkoe emisní a obnovitelné výroby	Krátkodobý až střednědobý
Doprava	Vybrané segmenty těžké, dálkové, intenzivně provozované nebo logisticky koncentrované dopravy	Raná fáze, závislost na infrastruktuře, vozidlech a ceně vodíku	Střednědobý
Energetika	Flexibilita, akumulace, řízení spotřeby, sektorové propojení, integrace proměnlivých OZE	Převážně přípravná a demonstrační fáze	Střednědobý až dlouhodobý
Výzkum, technologie a služby	Vývoj komponent, testování, integrace systémů, digitalizace, měření, bezpečnost a certifikace	Existující výzkumné kapacity, omezené škálování do komerční praxe	Průběžně

Zdroj: vlastní zpracování HYTEP na základě Vodíkové strategie ČR, podkladové studie PwC a studie EGU. [3], [4], [5]

4.2 Stav technologického rozvoje klíčových vodíkových technologií

Technologický rozvoj vodíkových technologií je v současnosti v Evropě i v České republice soustředěn především kolem elektrolytických řešení a jejich dodavatelských řetězců. Podkladová studie PwC popisuje, že hlavní technologická dynamika se týká zejména alkalických a PEM elektrolyzérů, zatímco AEM a SOEC technologie se postupně rozvíjejí a hledají svou pozici z hlediska škálovatelnosti, účinnosti, provozní flexibility a materiálové náročnosti. Současně se rozvíjejí i související segmenty, jako jsou stacky, membrány, katalyzátory, výkonová elektronika, řídicí systémy, kompresory, sušičky a další balance-of-plant komponenty. To znamená, že samotný rozvoj vodíku nelze redukovat pouze na jednu výrobní technologii, ale je nutné jej chápat jako soubor navazujících technických řešení a specializovaných dodavatelských kapacit. [3], [4]

Z hlediska výroby vodíku představují alkalické a PEM elektrolyzéry nejnáročnější a nejvíce komercializované technologie. Alkalické elektrolyzéry jsou dlouhodobě zavedené, relativně robustní a vhodné pro větší instalace, avšak jejich flexibilita a provozní dynamika se liší od požadavků některých nových energetických aplikací. PEM elektrolyzéry se vyznačují vyšší provozní flexibilitou a rychlejší reakcí na změny výkonu, což je významné

zejména při napojení na proměnlivé zdroje elektřiny, zároveň však využívají materiálově náročnější komponenty a kritické suroviny. AEM a SOEC technologie představují perspektivní směry dalšího vývoje, ale jejich širší komerční uplatnění je zatím omezenější a bude záviset na dalším ověření životnosti, účinnosti, škálovatelnosti a nákladové konkurenceschopnosti. [3], [4]

České prostředí se v tomto ohledu nachází ve fázi, kdy již existují výzkumné a dílčí technologické aktivity, avšak rozsah komerčního nasazení a výrobního škálování zůstává omezený. PwC ve své studii uvádí, že výzkum vodíkových technologií v České republice je aktivní, avšak v celkovém měřítku jde spíše o nižší desítky projektů, přičemž rozvoj je brzděn zejména nízkou poptávkou po obnovitelném vodíku, nejistou ekonomikou projektů a zatím omezenou komerční absorpcí výsledků výzkumu. To potvrzuje, že český sektor disponuje odbornou bází a určitým inovačním potenciálem, ale dosud se nenachází ve fázi robustního průmyslového rozmachu. [3]

Vedle samotných výrobních technologií je důležitý také stav technologií distribuce, skladování, úpravy a koncového využití vodíku. Praktické vodíkové projekty vyžadují nejen elektrolyzér nebo jiný zdroj vodíku, ale také systémy pro úpravu kvality plynu, kompresi, skladování, měření, bezpečnostní monitoring, řízení provozu a napojení na odběratele. Právě zde se ukazuje, že technologická připravenost jednotlivých článků řetězce není rovnoměrná a že rozvoj jednoho segmentu automaticky negarantuje připravenost segmentu navazujícího. Z tohoto důvodu je nutné hodnotit technologický rozvoj sektoru jako celek, nikoli jen podle vybraných vlajkových technologií. [4]

Významnou roli mají také technologie koncového využití vodíku. V průmyslu jde zejména o zařízení a procesy umožňující náhradu stávajícího fosilního vodíku nebo využití vodíku jako vstupu do nových nízkoemisních výrobních řetězců. V dopravě jsou klíčové zejména palivové články, tlakové zásobníky, plnicí infrastruktura a systémy pro bezpečné zacházení s vodíkem. V energetice se technologická diskuse týká především elektrolyzérů jako flexibilní spotřeby, akumulace energie, případného využití vodíku nebo jeho derivátů v energetických systémech a vazby na řízení soustavy. Stav technologické připravenosti se proto mezi jednotlivými sektory výrazně liší a je nutné jej posuzovat vždy ve vazbě na konkrétní aplikaci.

Pro české prostředí bude klíčové nejen sledovat dostupnost samotných výrobních technologií, ale také schopnost budovat integrované systémy zahrnující měření, řízení, bezpečnost, skladování, certifikaci a napojení na koncové aplikace. To vytváří prostor pro zapojení českých subjektů nejen v oblasti výzkumu a vývoje, ale také v oblasti specializovaných komponent, inženýringu, testování, integrace technologií, digitalizace a služeb spojených s provozem vodíkových zařízení. Technologický rozvoj vodíku tak není pouze otázkou importu hotových zařízení, ale také příležitostí pro rozvoj domácích kompetencí v těch částech hodnotového řetězce, kde může český průmysl a výzkumná sféra nabídnout specializované know-how. [3], [4]

Tabulka 4: Přehled hlavních technologických oblastí vodíkového řetězce

Technologická oblast	Příklady řešení	Stav rozvoje	Význam pro ČR
Výroba vodíku	alkalické, PEM, AEM a SOEC elektrolyzéry	AEL a PEM komerčně nejvyspělejší; AEM a SOEC ve fázi dalšího vývoje a škálování	klíčová oblast pro VaVaI, pilotní projekty a budoucí výrobu obnovitelného nebo nízkouhlíkového vodíku
Podpůrné systémy elektrolyzérů	kompresory, sušičky, úprava vody, výkonová elektronika, řídicí systémy	nezbytné podpůrné systémy pro provoz elektrolyzérů	příležitost pro specializované dodavatele, integrátory a technické firmy
Distribuce a skladování	tlakové nádoby, potrubní systémy, trailery, zásobníky, komprese	technologicky dostupné, ale investičně a bezpečnostně náročné	důležité pro propojení výroby a odběru, zejména v průmyslových lokalitách
Koncové využití	průmyslové procesy, palivové články, plnicí infrastruktura, energetické aplikace	rozdílná připravenost podle sektoru a typu aplikace	nejbližší potenciál v průmyslu, selektivně v dopravě a dlouhodobě v energetice
Digitální a bezpečnostní systémy	monitoring, řízení provozu, prediktivní údržba, měření, certifikace, kyberbezpečnost	rostoucí význam napříč celým řetězcem	významná příležitost pro české know-how v oblasti řízení, dat a systémové integrace

Zdroj: vlastní zpracování HYTEP na základě podkladové studie PwC a studie EGU. [3], [4]

4.3 Stav digitalizace vodíkového ekosystému

Digitální dimenze vodíkového sektoru představuje oblast, která bývá v obecných debatách často upozaděna, přestože má zásadní význam pro praktické fungování celého ekosystému. Digitalizace není pouze doplňkovým prvkem technologických zařízení, ale jednou ze strukturálních podmínek širšího uplatnění vodíkových technologií. Týká se řízení výroby, integrace do energetických systémů, sběru a vyhodnocování provozních dat, certifikace vodíku, datové interoperability, kybernetické bezpečnosti i schopnosti prokazovat environmentální parametry vyrobeného a spotřebovaného vodíku.

V oblasti výroby vodíku se digitální nástroje uplatňují především při řízení elektrolyzérů, optimalizaci provozu, monitoringu zařízení a prediktivní údržbě. Podkladová studie PwC zdůrazňuje, že moderní řízení elektrolyzérů směřuje k pokročilé digitalizaci, využití inteligentních systémů, IoT a prediktivní údržby. Digitální nástroje umožňují monitorování v reálném čase, vzdálené řízení a optimalizaci výroby na základě aktuálních

dat, provozních parametrů a předpovědí dostupnosti elektřiny. To je důležité zejména tam, kde je výroba vodíku spojena s proměnlivými zdroji energie, požadavky na flexibilní provoz nebo potřebou optimalizovat provozní náklady. Digitální řízení se tak stává nedílnou součástí technologické konkurenceschopnosti vodíkových řešení. [3]

Vedle provozního řízení má digitalizace zásadní význam také pro certifikaci, sledovatelnost a důvěryhodnost vodíku jako obchodovatelné komodity. V budoucím vodíkovém trhu nebude dostačující pouze fyzická výroba nebo dodávka vodíku. Stále důležitější bude schopnost doložit jeho původ, emisní profil, způsob výroby, použitou elektřinu, časové a prostorové souvislosti výroby a další parametry požadované regulačním nebo obchodním rámcem. To vyžaduje spolehlivé datové systémy, standardizované záznamy, interoperabilitu mezi jednotlivými články hodnotového řetězce a schopnost předávat důvěryhodná data mezi výrobcem, distributorem, odběratelem, certifikačním orgánem a případně veřejnou správou. [2], [5], [6], [8], [9], [10], [11]

Digitální vrstva je důležitá i z hlediska integrace vodíku do energetiky. Elektrolyzéry mohou v budoucnu fungovat nejen jako výrobní zařízení, ale také jako flexibilní spotřeba reagující na dostupnost elektřiny, cenové signály nebo potřeby elektrizační soustavy. Aby taková role byla technicky i ekonomicky využitelná, musí být provoz vodíkových zařízení propojen s měřením, predikcí, automatizovaným řízením, vyhodnocováním flexibility a případně s komunikací vůči energetickým trhům nebo provozovatelům soustav. Digitalizace proto vytváří předpoklad pro to, aby vodíkové technologie nebyly pouze samostatnými výrobními jednotkami, ale součástí širšího řízení energetického systému.

V českém prostředí však zatím nelze hovořit o plně rozvinutém digitálním vodíkovém ekosystému. Spíše jde o oblast, která je technologicky možná a v některých řešeních již přítomná, ale systémově dosud není dostatečně uchopena. To se týká nejen samotného řízení výroby, ale i širších témat, jako je standardizace dat, certifikační procesy, sdílení dat mezi články hodnotového řetězce, interoperabilita mezi různými systémy a zajištění kybernetické bezpečnosti. Vzhledem k tomu, že vodíkové technologie mohou být napojeny na energetickou infrastrukturu, průmyslové provozy i dopravní systémy, nelze kybernetickou bezpečnost chápat jako okrajové téma, ale jako jednu z podmínek bezpečného a důvěryhodného provozu.

Budoucí rozvoj sektoru proto nebude záviset pouze na výstavbě fyzických technologií, ale také na budování digitálních schopností, které umožní jejich efektivní, bezpečný a regulačně důvěryhodný provoz. Pro české prostředí to znamená příležitost nejen pro provozovatele vodíkových projektů, ale také pro firmy a výzkumné organizace působící v oblasti automatizace, sensoriky, datové analytiky, softwarové integrace, kybernetické bezpečnosti, certifikačních nástrojů a řízení energetických systémů. Digitální dimenze vodíku je proto třeba chápat jako samostatnou rozvojovou oblast, nikoli pouze jako technickou podporu fyzické infrastruktury. [3], [4]

Tabulka 5: Hlavní oblasti digitalizace vodíkového ekosystému

Oblast digitalizace	Praktický význam	Relevance pro rozvoj vodíku v ČR
Řízení výroby vodíku	Monitoring elektrolyzérů, optimalizace provozu, vzdálené řízení, prediktivní údržba	zvyšuje účinnost, flexibilitu a provozní spolehlivost zařízení
Integrace do energetiky	řízení spotřeby, reakce na dostupnost elektřiny, využití flexibility	umožňuje lepší zapojení elektrolyzérů do energetického systému
Certifikace a sledovatelnost	evidence původu (záruky původu, certifikáty udržitelnosti), emisního profilu a výrobních parametrů vodíku	podmínka důvěryhodného trhu a plnění regulačních požadavků
Datová interoperabilita	sdílení dat mezi výrobcem, distributorem, odběratelem a certifikačními systémy	snižuje transakční bariéry a podporuje vznik obchodovatelných produktů
Kybernetická bezpečnost	ochrana řídicích systémů, dat a propojené infrastruktury	nezbytná pro bezpečný provoz vodíkových a energetických zařízení
Datová analytika a predikce	práce s provozními daty, cenami elektřiny, poptávkou a technickým stavem zařízení	podporuje ekonomiku projektů a rozhodování o provozu

Zdroj: vlastní zpracování HYTEP na základě podkladové studie PwC, evropského regulačního rámce a studie EGU. [2], [3], [4], [5], [6], [8], [9], [10], [11]

4.4 Hodnotové a dodavatelské řetězce klíčových technologií

Pro posouzení současného stavu vodíkového sektoru je zásadní také pohled na hodnotové a dodavatelské řetězce. Rozvoj vodíku nelze hodnotit pouze podle dostupnosti samotného vodíku nebo jednotlivých demonstračních projektů, ale také podle toho, zda existuje dostatečně stabilní a odolná základna dodavatelů technologií, komponent, služeb, integrace, měření, bezpečnosti a digitálního řízení. Nejde tedy jen o popis jednotlivých technologií, ale o zhodnocení výrobních a dodavatelských vazeb, které podmiňují jejich širší rozvoj a mohou vytvářet potenciální úzká hrdla. [4]

Podkladová studie EGU se v této souvislosti zaměřuje především na elektrolyzéry, palivové články a další klíčové technologie vodíkového řetězce, včetně systémových dodavatelů, svazkových komponent, kompresorů, chladicích systémů, ventilů, potrubních systémů, úpravy vody, dusíkového hospodářství, sensoriky, tlakových nádob, přepravních trailerů, zkapařovačů vodíku a dalších navazujících technologií. Tento pohled je důležitý proto, že

praktické vodíkové projekty nejsou tvořeny jedním zařízením, ale soustavou vzájemně propojených komponent a služeb, jejichž dostupnost, kvalita a cena rozhodují o proveditelnosti celého projektu. [4]



Obrázek 2: Zjednodušený hodnotový řetězec vodíkového ekosystému

Zdroj: vlastní zpracování HYTEP

U elektrolyzérů je dodavatelský řetězec odlišný podle konkrétní technologie. Alkalické elektrolyzéry patří mezi nejvíce rozvinutá řešení, avšak jejich trh je výrazně ovlivněn silnou výrobní základnou v Číně a tlakem na cenu. PEM elektrolyzéry mají silnější evropskou a americkou technologickou základnu a jsou atraktivní zejména pro flexibilní provoz, současně však narážejí na materiálovou náročnost a závislost na vybraných kritických surovinách. AEM a SOEC technologie představují perspektivní směry dalšího vývoje, ale jejich dodavatelské řetězce jsou zatím užší a jejich širší komercializace bude záviset na dalším ověření životnosti, škálovatelnosti a nákladové konkurenceschopnosti. [3], [4]

Významnou část hodnotového řetězce tvoří také podpůrné systémy zařízení. Patří sem zejména kompresory, chladicí systémy, ventily, potrubní systémy, systémy předúpravy vody, senzory, výkonová elektronika, řídicí systémy a bezpečnostní prvky. Tyto komponenty sice často nejsou vnímány jako „hlavní“ vodíková technologie, ale v praxi rozhodují o provozní spolehlivosti, bezpečnosti, účinnosti a celkových nákladech projektu. Právě v těchto oblastech může vznikat prostor pro specializované dodavatele, technické firmy, integrátory a subjekty schopné nabídnout dílčí know-how využitelné v širším evropském řetězci. [4]

Obdobně významné jsou technologie na straně využití vodíku, zejména palivové články, tlakové nádoby, plnicí infrastruktura, přepravní prostředky pro plyný nebo kapalný vodík, zařízení pro skladování a technologie pro průmyslové aplikace. U těchto segmentů je připravenost trhu rozdílná podle konkrétního typu aplikace. Některá řešení jsou technicky dostupná, ale jejich širší rozvoj naráží na cenu, poptávku, chybějící infrastrukturu nebo omezený počet projektů, které by umožnily škálování. To potvrzuje,

že rozvoj vodíkového sektoru nelze posuzovat pouze podle výroby vodíku, ale podle schopnosti rozvíjet celý řetězec od technologie výroby přes logistiku až po koncové využití. [4]

Studie k dodavatelským řetězcům ukazuje, že evropský řetězec vodíkových technologií je sice postaven na širokém portfoliu průmyslových hráčů a disponuje významným know-how, současně jej však lze v řadě segmentů charakterizovat jako koncentrovaný a citlivý na vývoj globálního trhu. Řada technologií se stále vyrábí v omezených sériích nebo pro jednotlivé projekty, takže případný prudší nárůst poptávky může narážet na produkční limity úzce specializovaných dodavatelů. Současně přetrvávají geopolitická a surovinová rizika, zejména u technologií závislých na vzácných kovech, kritických materiálech nebo komponentech pocházejících z omezeného okruhu zemí mimo Evropu. [4]

Pro české prostředí to znamená dvojitou skutečnost. Na jedné straně existuje příležitost zapojit se do evropského vodíkového řetězce prostřednictvím specializovaných komponent, technických služeb, projektové přípravy, integrace technologií, měření, bezpečnosti, digitalizace nebo provozního řízení. Na druhé straně je zřejmé, že české subjekty budou u řady klíčových systémových technologií závislé na vývoji širšího evropského a globálního trhu a na dostupnosti zařízení a komponent vyráběných mimo Českou republiku. Strategickou otázkou proto není pouze to, zda bude možné technologie nakoupit, ale také zda se české podniky dokážou zapojit do těch částí řetězce, kde mohou vytvářet vlastní přidanou hodnotu.

Z pohledu Akčního plánu je proto důležité vnímat dodavatelské řetězce nejen jako technický popis sektoru, ale jako otázku konkurenceschopnosti, odolnosti a průmyslové specializace. Český vodíkový ekosystém nemusí nutně usilovat o pokrytí celého řetězce vlastními kapacitami, ale měl by identifikovat oblasti, ve kterých má domácí průmysl, výzkum a inženýrská základna realistický potenciál. To se může týkat zejména specializovaných komponent, podpůrných systémů zařízení, sensoriky, měření, bezpečnostních řešení, softwaru, integrace, testování, certifikace a servisních služeb. Právě tyto oblasti mohou představovat cestu, jak lokalizovat část přidané hodnoty v domácím prostředí a současně snížit závislost na plně importovaných řešeních. [3], [4]

Tabulka 6: Vybrané články hodnotového řetězce vodíkových technologií a relevance pro ČR

Oblast	Charakteristika dodavatelského řetězce	Relevance pro ČR
Elektrolyzéry	rozdílná vyspělost AEL, PEM, AEM a SOEC; silná globální konkurence a koncentrace dodavatelů	potenciál zejména ve výzkumu, integraci, podpůrných systémech, komponentech a řízení
Podpůrné systémy zařízení	komprese, chlazení, úprava vody, výkonová elektronika, potrubní systémy, ventily a senzory	významná příležitost pro specializované technické firmy a subdodavatele
Palivové články a dopravní aplikace	technologicky vyspělý, ale nákladově a infrastrukturně náročný segment	možné zapojení přes komponenty, testování, aplikace a servisní zázemí
Skladování a distribuce	tlakové nádoby, zásobníky, trailery, potrubní systémy a plnicí infrastruktura	důležité pro propojení výroby a odběru, zejména v průmyslových a logistických lokalitách
Měření, bezpečnost a certifikace	průřezové prvky nezbytné pro provoz, sledovatelnost a důvěryhodnost trhu	vysoká relevance pro české technické, zkušební, certifikační a softwarové kapacity
Digitální řízení a data	monitoring, provozní optimalizace, interoperabilita a kyberbezpečnost	příležitost pro české firmy v oblasti automatizace, softwaru, datové analytiky a systémové integrace

Zdroj: vlastní zpracování HYTEP na základě studie EGU a podkladové studie PwC. [3], [4]

4.5 Budoucí potenciál vodíku s ohledem na současný vývoj

Budoucí potenciál vodíku v České republice je významný, avšak podmíněný. Nevychází z představy rychlého a plošného rozšíření vodíku do všech sektorů, ale spíše z postupného rozvoje v těch oblastech, kde se podaří spojit technologickou smysluplnost, ekonomickou racionalitu, dostupnost infrastruktury a regulatorní předvídatelnost. Právě tato kombinace bude rozhodovat o tom, zda se vodík stane významnou součástí průmyslové, energetické a dopravní transformace, nebo zůstane omezen na jednotlivé pilotní a demonstrační aplikace. [5]

Současný vývoj ukazuje, že klíčovou otázkou není pouze technická proveditelnost vodíkových řešení. Mnoho technologií již existuje nebo se rychle rozvíjí, avšak jejich širší uplatnění naráží na cenu, investiční riziko, omezenou infrastrukturu a nejistotu na straně poptávky. Studie EGU upozorňuje, že řada velkých energetických a průmyslových podniků

v Evropě své projekty zeleného či nízkouhlíkového vodíku odložila, omezila nebo zcela zrušila právě v důsledku vysokých nákladů a absence stabilních konečných odběratelů. Podkladová studie PwC současně potvrzuje, že i v českém prostředí je slabá poptávka jedním z hlavních důvodů nižšího počtu projektů a pomalejšího tempa inovací. To znamená, že budoucí potenciál vodíku nelze hodnotit odděleně od otázky trhu, ekonomiky a schopnosti vytvářet dlouhodobé odběratelské vztahy. [3], [4]

Nejbližší potenciál lze v českých podmínkách očekávat tam, kde vodík navazuje na existující průmyslovou spotřebu nebo kde může pomoci plnit konkrétní dekarbonizační požadavky. To se týká zejména chemického a rafinérského sektoru, případně dalších průmyslových aplikací, u nichž bude přímá elektrifikace obtížná nebo ekonomicky nevýhodná. V dopravě bude potenciál pravděpodobně selektivní a bude záviset na rozvoji plnicí infrastruktury, dostupnosti vozidel, nákladech na palivo a koncentraci poptávky v logistických nebo průmyslových uzlech. V energetice lze očekávat spíše postupný rozvoj, zejména ve vazbě na flexibilitu, akumulaci, řízení spotřeby a integraci proměnlivých obnovitelných zdrojů. [5], [6]

Budoucí význam vodíku proto nebude spočívat pouze v objemu vyrobeného vodíku, ale také v tom, zda se podaří vytvořit funkční hodnotový řetězec. Ten musí zahrnovat výrobu, certifikaci, úpravu, skladování, distribuci, koncové využití, bezpečnostní a měřicí systémy, digitální řízení a schopnost prokazovat environmentální parametry vodíku. Z tohoto pohledu je potenciál vodíku úzce spojen také s rozvojem technologií, komponent, softwarových řešení, inženýrských služeb, testování, certifikace a provozní integrace. Právě v těchto oblastech mohou české subjekty hledat příležitosti pro zapojení do evropských hodnotových a dodavatelských řetězců. [3], [4]

Pro další rozvoj bude důležité, aby vodíkový sektor nebyl budován izolovaně, ale jako součást širší průmyslové, energetické a inovační politiky. To znamená propojovat podporu výzkumu a vývoje s demonstračními projekty, vytvářet podmínky pro investiční rozhodování, rozvíjet technické a digitální kompetence, podporovat spolupráci mezi podniky a výzkumnými organizacemi a současně posilovat schopnost českých firem zapojit se do mezinárodních projektů. Vodík má v tomto smyslu význam nejen jako dekarbonizační nástroj, ale také jako příležitost pro technologickou modernizaci a specializaci českého průmyslu.

Přesto lze konstatovat, že vodík má v České republice významný střednědobý a dlouhodobý potenciál, pokud bude jeho rozvoj založen na realistické prioritizaci sektorů, na podpoře výzkumných a demonstračních aktivit, na posilování dodavatelských kapacit a na budování podmínek pro důvěryhodný trh. Potenciál vodíku proto nespočívá pouze v samotné výrobě, ale i v rozvoji technologií, komponent, digitálních řešení, integračních služeb a specializovaných kompetencí, které mohou českým subjektům umožnit aktivní zapojení do evropského transformačního procesu. Z tohoto pohledu je současná situace zároveň obdobím omezení i obdobím příležitosti.

Tabulka 7: Podmínky pro využití budoucího potenciálu vodíku v České republice

Oblast	Co je rozhodující	Význam pro další rozvoj
Poptávka	vznik stabilních odběratelů a dlouhodobých obchodních modelů	bez poptávky zůstávají projekty závislé na pilotních aktivitách a veřejné podpoře
Ekonomika projektů	cena elektřiny, investiční náklady, provozní náklady, dostupnost podpory	rozhoduje o bankovatelnosti a ochotě investorů vstupovat do projektů
Infrastruktura	skladování, distribuce, plnicí infrastruktura, napojení na odběratele	umožňuje propojit výrobu vodíku s reálným využitím
Regulace a certifikace	jasná pravidla pro obnovitelný a nízkouhlíkový vodík, původ a emisní parametry	podmínka důvěryhodného trhu a započitatelnosti vodíku do dekarbonizačních cílů
Technologie a dodavatelské řetězce	dostupnost zařízení, komponent, integrace, měření a bezpečnostních systémů	vytváří prostor pro zapojení českých firem a snížení závislosti na dovozu
Digitalizace	provozní řízení, data, interoperabilita, predikce, kyberbezpečnost	zvyšuje efektivitu, bezpečnost a regulatorní důvěryhodnost projektů
Kompetence a spolupráce	propojení podniků, výzkumu, veřejné správy a investorů	urychluje přenos výsledků do praxe a přípravu navazujících projektů

Zdroj: vlastní zpracování HYTEP na základě Vodíkové strategie ČR, podkladové studie PwC a studie EGU. [3], [4], [5]

5. Legislativní, technologické a další výzvy při uplatňování vodíku v sektorech průmyslu, dopravy a energetiky

Rozvoj vodíku v České republice není omezen pouze otázkou technické proveditelnosti jednotlivých řešení. Jak ukázala předchozí kapitola, současný stav sektoru je určován souběhem technologických, regulatorních, ekonomických, infrastrukturních, digitálních a institucionálních faktorů. Ty společně rozhodují o tom, zda se vodíkové projekty budou posouvat z fáze strategických úvah, pilotních aktivit a demonstračních záměrů do širšího praktického uplatnění v průmyslu, dopravě a energetice.

Současná situace ukazuje, že samotná dostupnost technologií není dostačující podmínkou rozvoje trhu. Klíčovou otázkou se stává zejména to, zda existují stabilní a předvídatelné podmínky pro investice, vznik poptávky, propojení jednotlivých článků hodnotového řetězce a regulatorně důvěryhodné fungování celého trhu. Podkladová studie PwC a studie EGU ukazují, že překážky nejsou soustředěny pouze v jedné části řetězce, ale vznikají napříč výrobou, dodavatelskými kapacitami, infrastrukturou, certifikací, financováním, digitalizací i koncovým využitím vodíku. [3], [4], [7]

Při uplatňování vodíku v průmyslu, dopravě a energetice je proto třeba rozlišovat mezi výzvami obecnými a výzvami sektorově specifickými. Obecné výzvy se týkají zejména regulatorní nejistoty, vysoké investiční náročnosti, slabé nebo nejisté poptávky, chybějící infrastruktury, omezené bankovatelnosti projektů, nedostatečně rozvinutých certifikačních a datových procesů a potřeby lepší koordinace mezi aktéry. Specifické výzvy se pak liší podle toho, zda jde o náhradu stávající spotřeby vodíku v průmyslu, využití vodíku v dopravních aplikacích nebo o jeho budoucí roli v energetických systémech.

Právě kombinace systémových a sektorových překážek vysvětluje, proč je rozvoj vodíku zatím pomalejší, než naznačovala dřívější strategická očekávání. Zároveň však tyto výzvy nepředstavují důvod k odmítnutí vodíkových technologií jako takových. Spíše ukazují, že jejich širší uplatnění vyžaduje realistickou prioritizaci, lepší návaznost mezi technologií a trhem, důvěryhodný regulatorní rámec, funkční infrastrukturu, digitální a certifikační schopnosti a dlouhodobou koordinaci mezi veřejnou správou, průmyslem, výzkumnými organizacemi a investory.

5.1 Legislativní a regulatorní výzvy

Jednou z nejvýznamnějších překážek rychlejšího rozvoje vodíku je složitost a proměnlivost regulatorního rámce. Pro investory, dodavatele technologií i koncové odběratele je zásadní především míra předvídatelnosti pravidel, podle nichž bude možné vodík vyrábět, certifikovat, obchodovat a započítávat do plnění dekarbonizačních cílů. V českém i evropském prostředí přitom přetrvává stav, kdy je část pravidel již definována, avšak jejich praktická interpretace, provádění a ekonomické dopady zůstávají v řadě případů ne zcela stabilní. To zvyšuje transakční nejistotu a může odrazovat od větších investičních rozhodnutí. [2], [5], [6], [8], [9], [10], [11]

Regulatorní výzvy se netýkají pouze samotné výroby vodíku, ale i navazujících částí hodnotového řetězce. Patří sem zejména otázky povolovacích procesů, bezpečnostních požadavků, klasifikace jednotlivých typů vodíku, pravidel pro certifikaci původu, požadavků na práci s daty a pravidel pro zapojení vodíkových projektů do podpůrných schémat. V praxi to znamená, že vodíkový projekt musí být posuzován nejen jako technologické zařízení, ale také jako investiční, energetický, environmentální, bezpečnostní a datově-certifikační systém.

Zvláštní význam má rozlišení mezi obnovitelným a nízkouhlíkovým vodíkem. Pro rozvoj trhu bude rozhodující nejen to, zda je vodík technicky vyrobitelný, ale také zda jeho způsob výroby splňuje pravidla, která umožní jeho započítání do dekarbonizačních cílů, využití v regulovaných sektorech nebo uplatnění v podpůrných mechanismech. To klade vysoké nároky na prokazování původu, emisního profilu, použitých energetických vstupů a dalších parametrů, které budou důležité pro budoucí obchodování s vodíkem i jeho deriváty. Pravidla pro obnovitelný vodík, rámec budoucího trhu s vodíkem a metodika pro nízkouhlíková paliva proto významně ovlivní nejen výrobce, ale i odběratele, investory, certifikační subjekty a technologické dodavatele. [2], [5], [6], [8], [9], [10], [11]

Pro menší firmy, startupy a nové technologické subjekty představuje významný problém administrativní náročnost. Náklady na orientaci v regulatorním rámci, přípravu dokumentace, zajištění souladu s pravidly, certifikaci, bezpečnostní posouzení a komunikaci s úřady jsou v poměru k velikosti projektu relativně vysoké. Podkladová studie PwC proto zařazuje administrativní náročnost i legislativní bariéry mezi významné faktory, které komplikují rozvoj projektů a vstup nových subjektů do oboru. [3], [7]

Regulatorní rámec má zásadní význam také z hlediska důvěryhodnosti trhu. V případě vodíku nebude v budoucnu rozhodovat pouze technická schopnost jej vyrobit a využít, ale i schopnost prokazovat jeho parametry, způsob výroby a soulad s regulatorními a obchodními pravidly. To klade vysoké nároky na certifikaci, evidenci dat, interoperabilitu informačních systémů a celkovou provozní transparentnost. Právě proto je regulatorní otázka úzce propojena s otázkou digitalizace a nelze ji oddělovat od technického a tržního rozvoje sektoru.

Z českého pohledu je proto důležité, aby regulatorní rámec nebyl vnímán pouze jako soubor omezení, ale také jako podmínka vzniku důvěryhodného trhu. Jasná pravidla mohou snížit investiční nejistotu, usnadnit rozhodování odběratelů, podpořit vznik dlouhodobých smluvních vztahů a vytvořit prostor pro projekty, které budou bankovatelné a obchodně udržitelné. Naopak nejasná nebo příliš administrativně náročná pravidla mohou zpomalit i technicky připravené projekty, zejména pokud se týkají menších subjektů nebo inovativních řešení v ranější fázi komercializace.

5.2 Technologické výzvy a omezení

Ačkoli jsou hlavní vodíkové technologie již technicky známé a v řadě případů i komerčně dostupné, jejich širší uplatnění naráží na řadu praktických technologických omezení. Ta se týkají zejména investiční náročnosti, provozní efektivity, životnosti některých komponent, citlivosti na provozní podmínky, materiálové náročnosti a nutnosti sladit

jednotlivé části systému do funkčního celku. Rozvoj sektoru proto nelze chápat jen jako otázku dostupnosti jednoho zařízení, ale jako schopnost navrhnout a provozovat integrované technologické řešení od výroby přes úpravu, kompresi a skladování až po distribuci a koncové využití. [3], [4]

Technologická výzva spočívá také v tom, že jednotlivé články vodíkového řetězce nejsou stejně vyspělé ani stejně dostupné. Zatímco některé výrobní technologie, zejména alkalické a PEM elektrolyzéry, již představují relativně etablovaná řešení, jiné směry, například AEM a SOEC technologie, se stále nacházejí v různých fázích vývoje, demonstrace a škálování. Obdobně se liší připravenost technologií pro skladování, distribuci, plnění, koncové využití a bezpečnostní monitoring. V praxi proto nestačí posuzovat technologickou připravenost izolovaně; rozhodující je, zda je možné jednotlivé prvky propojit do provozně spolehlivého, bezpečného a ekonomicky udržitelného systému. [3], [4]

Významná technologická omezení se vztahují i k dostupnosti klíčových komponent a materiálů. Studie k dodavatelským řetězcům upozorňuje, že evropský vodíkový řetězec sice disponuje relevantním know-how, ale současně je v řadě segmentů koncentrovaný a citlivý na výpadky nebo omezení u úzkého okruhu specializovaných dodavatelů. U některých technologií, zejména PEM elektrolyzérů a palivových článků, navíc přetrvává závislost na vzácných kovech, katalyzátorech, membránách a dalších materiálech nebo komponentech pocházejících z omezeného počtu zemí mimo Evropu. To zvyšuje nejen nákladovou nejistotu, ale i strategickou zranitelnost celého sektoru. [4]

Vedle materiálové a komponentové závislosti představuje výzvu také životnost zařízení a jejich chování v reálném provozu. Vodíkové technologie mohou být vystaveny proměnlivým provozním režimům, rozdílné kvalitě vstupů, změnám zatížení, požadavkům na flexibilitu a nárokům na bezpečný provoz. Zejména u elektrolyzérů provozovaných ve vazbě na proměnlivé zdroje elektřiny je důležité sledovat vliv dynamického provozu na účinnost, degradaci komponent, provozní spolehlivost a celkové náklady. To zvyšuje význam testování, pilotních provozů, prediktivní údržby a dlouhodobého vyhodnocování technických parametrů.

Technologické výzvy se proto netýkají jen výroby, ale i provozního řízení. U vodíkových technologií je stále důležitější schopnost reagovat na proměnlivé vstupní podmínky, řídit provoz v reálném čase, optimalizovat účinnost a sledovat chování zařízení v delším horizontu. Podkladová studie PwC upozorňuje na význam digitálních subsystémů, řízení, monitoringu a prediktivní údržby, což ukazuje, že technologická konkurenceschopnost bude stále více spojena s digitální úrovní řešení, nikoli pouze s mechanickými či elektrochemickými parametry samotného zařízení. [3]

Pro české prostředí z toho vyplývá, že technologické výzvy nelze řešit pouze nákupem hotových zařízení. Bude nutné posilovat schopnost systémové integrace, technického testování, bezpečnostního posuzování, provozního řízení a údržby. Současně se tím otevírá prostor pro české podniky a výzkumné organizace v oblastech, které nejsou nutně spojeny s výrobou kompletních elektrolyzérů nebo palivových článků, ale s komponenty, podpůrnými systémy zařízení, měřením, sensorikou, automatizací, digitalizací,

bezpečností a inženýrskými službami. Právě tyto oblasti mohou být pro český vodíkový ekosystém významným zdrojem přidané hodnoty. [3], [4]

5.3 Ekonomické a investiční výzvy

Ekonomika projektů dnes představuje jednu z hlavních překážek širšího rozvoje vodíkového trhu. Vysoké investiční náklady, nejisté provozní náklady, závislost na cenách elektřiny a omezená ochota odběratelů platit vyšší cenu za nízkoemisní nebo obnovitelný vodík vedou k tomu, že řada projektů zůstává ve fázi přípravy nebo je závislá na veřejné podpoře. Tento problém se netýká pouze České republiky, ale i širšího evropského trhu. Studie EGU upozorňuje, že řada velkých evropských projektů obnovitelného a nízkouhlíkového vodíku byla odložena, omezena nebo zcela zrušena právě kvůli nízké rentabilitě a absenci konečných odběratelů. [4]

Ekonomická náročnost vodíkových projektů vyplývá z kombinace několika faktorů. Na straně investičních nákladů jde zejména o cenu výrobních technologií, podpůrných systémů zařízení, připojení k energetické infrastruktuře, skladování, komprese, měření, bezpečnostních systémů a případně navazující distribuční nebo plnicí infrastruktury. Na straně provozních nákladů je rozhodující především cena elektřiny, způsob provozu zařízení, míra využití instalované kapacity, náklady na údržbu a požadavky na certifikaci a reporting. Výsledná ekonomika projektu proto nezávisí pouze na ceně samotného elektrolyzátoru, ale na celém technickém, energetickém a obchodním nastavení projektu.

Tento problém je třeba vnímat také v širším evropském průmyslovém kontextu. Clean Industrial Deal upozorňuje, že dekarbonizace evropského průmyslu musí být spojena s konkurenceschopností, dostupnější energií, investiční podporou a lepšími podmínkami pro rozvoj čistých technologií. Pro vodíkové projekty to znamená, že jejich ekonomická proveditelnost nebude záviset pouze na technologických nákladech, ale také na celkovém nastavení průmyslové, energetické a investiční politiky. [12]

Pro české prostředí je tento problém ještě citlivější, protože domácí trh je menší, počáteční počet projektů je omezený a řada investic je posuzována velmi opatrně. Podkladová studie PwC řadí mezi hlavní bariéry nedostatek investičního potenciálu, finanční náročnost projektů a slabou poptávku. To potvrzuje, že ekonomická stránka vodíkových projektů není pouze otázkou ceny technologií, ale i celkové struktury trhu, dostupnosti financování a schopnosti sdílet nebo zmírňovat investiční rizika. [3], [7]

Zvláštní význam má otázka bankovatelnosti. Pro financující instituce a investory je rozhodující, zda projekt disponuje věrohodným obchodním modelem, dostatečně dlouhým odběratelským závazkem, předvídatelnými vstupními náklady, realistickým provozním režimem a jasným regulatorním rámcem. Pokud chybí stabilní odběratel, jasné cenové podmínky nebo jistota započitatelnosti vodíku do dekarbonizačních cílů, roste riziková přírůžka projektu a zhoršuje se jeho financovatelnost. Vodíkové projekty proto často narážejí na tzv. investiční mezeru mezi strategickou potřebou dekarbonizace a komerční návratností konkrétního projektu.

Veřejná podpora může tuto mezeru částečně překlenout, ale sama o sobě nemůže nahradit dlouhodobě funkční trh. Dotace, granty, zvýhodněné financování nebo jiné podpůrné mechanismy mohou pomoci zejména v raných fázích vývoje, demonstrace a prvního nasazení technologií. Pro širší rozvoj sektoru však bude klíčové, aby se postupně vytvářely obchodní modely, které nebudou závislé výhradně na jednorázové investiční podpoře, ale budou stát na stabilní poptávce, provozní efektivitě, smluvním zajištění odběru a předvídatelných pravidlech.

Z pohledu menších firem a startupů je situace ještě složitější. Tyto subjekty se často pohybují mezi výzkumnou a komerční fází, ale nemají dostatečné zázemí pro dlouhý vývoj, certifikaci, pilotní provoz a následné škálování. Přístup k veřejným grantům sice existuje, ale vyžaduje značnou orientaci v systému podpory, pečlivé načasování a schopnost administrativně zvládat podmínky jednotlivých titulů. Současně komerční financování bývá v deep-tech oblastech opatrné, zejména tam, kde chybí stabilní tržní odběr, rychle dosažitelný výnos nebo reference z předchozích projektů. [3], [7]

Ekonomické a investiční výzvy proto úzce souvisejí s ostatními bariérami popsány v této kapitole. Regulatorní nejistota zvyšuje riziko projektu, slabá poptávka zhoršuje návratnost investice, chybějící infrastruktura omezuje možnosti odběru a technologická nejistota komplikuje posouzení provozních nákladů. Z tohoto důvodu nelze investiční bariéry řešit izolovaně. Je nutné pracovat současně s trhem, regulací, infrastrukturou, technologickou připraveností a podporou prvních praktických projektů.

5.4 Tržní výzvy a problém poptávky

Vedle investičních nákladů je určujícím problémem i samotná tržní poptávka. Bez dostatečně stabilních odběratelů a bez jasně definované ochoty trhu akceptovat vyšší cenu nízkoemisního nebo obnovitelného vodíku nevzniká prostředí, ve kterém by bylo možné projekty rychle škálovat. Tento problém je přítomen jak v průmyslu, tak v dopravě a v delším horizontu i v energetice. V průmyslu naráží rozvoj na otázku, zda budou odběratelé schopni a ochotni nést vyšší náklady dekarbonizované výroby. V dopravě je poptávka podmíněna souběžným rozvojem vozidel, plnicí infrastruktury, provozních modelů a cenově přijatelného paliva. V energetice je budoucí poptávka po vodíku spojena především s rolí flexibility, akumulace a sektorového propojení, která zatím není tržně plně rozvinuta.

Slabá nebo nejistá poptávka má přímý dopad na investiční rozhodování i na inovace. Pokud trh neposkytuje dostatečně silný a dlouhodobý signál, firmy mají menší motivaci investovat do vývoje, výroby, demonstračních projektů a komercializace. Podkladová studie PwC výslovně identifikuje nedostatečnou poptávku jako jednu z hlavních bariér pro rozvoj projektů v oblasti výroby obnovitelného vodíku. To znamená, že problém vodíku není pouze v nabídce technologií nebo v ceně zařízení, ale také v absenci dostatečně silného a dlouhodobého odběratelského rámce. [3], [7]

Tržní výzva má zároveň podobu problému vzájemné závislosti mezi výrobou, infrastrukturou a spotřebou. Výrobci vodíku potřebují dostatečně jistý odběr, aby mohli investovat do výrobních kapacit. Odběratelé naopak potřebují jistotu dostupnosti vodíku,

jeho ceny, kvality, certifikace a návazné infrastruktury. Provozovatelé infrastruktury potřebují dostatečný objem přepravovaného nebo distribuovaného vodíku, aby bylo možné investice ekonomicky odůvodnit. Pokud se tyto části trhu nerozvíjejí koordinovaně, vzniká riziko izolovaných projektů, které jsou technicky proveditelné, ale nemají dostatečnou obchodní návaznost.

V průmyslu může být postupné formování poptávky nejrealističtější tam, kde již dnes existuje spotřeba vodíku nebo kde regulatorní a zákaznický tlak vytváří motivaci ke snižování emisní stopy výrobků. To se může týkat zejména chemických a rafinérských provozů, případně dalších průmyslových aplikací, u nichž je vodík součástí výrobního procesu nebo představuje jednu z mála možných cest dekarbonizace. Ani zde však poptávka nevznikne automaticky. Bude záviset na cenovém rozdílu mezi konvenčním a nízkoemisním vodíkem, na možnosti přenést část nákladů do finálních produktů, na požadavcích odběratelů a na nastavení regulatorních nebo podpůrných nástrojů.

V dopravě je problém poptávky ještě výraznější, protože trh musí vznikat současně na straně vozidel, paliva, infrastruktury i provozních modelů. Vodíkové dopravní aplikace mohou být relevantní zejména ve vybraných segmentech těžké, dálkové, intenzivně provozované nebo logisticky koncentrované dopravy. Jejich rozvoj však bude záviset na tom, zda se podaří vytvořit dostatečně koncentrovanou poptávku v konkrétních lokalitách nebo koridorech, kde bude možné efektivně využít plnicí infrastrukturu a zajistit pravidelný odběr vodíku.

V této souvislosti je důležité, že rozvoj trhu nebude pravděpodobně probíhat spontánně a rovnoměrně. Spíše lze očekávat postupné vytváření lokálních nebo sektorových ohnisek poptávky, zejména v průmyslových lokalitách, logistických uzlech, dopravních koridorech nebo regionech, kde může vzniknout kombinace výrobce, odběratele a infrastrukturního řešení. Z pohledu Akčního plánu je proto třeba vnímat poptávku jako aktivně formovanou oblast, nikoli jako parametr, který se dostaví automaticky po zavedení technologie.

Pro další rozvoj českého vodíkového trhu bude klíčové podporovat takové projekty, které propojují výrobu s konkrétním odběrem a s realistickým obchodním modelem. Zásadní bude také vytváření prostředí pro dlouhodobé smluvní vztahy, společné projekty výrobců a odběratelů, agregaci poptávky, regionální vodíkové uzly a lepší koordinaci mezi průmyslovými podniky, dopravními provozovateli, energetickými subjekty, veřejnou správou a investory. Bez tohoto propojení hrozí, že se vodíkový sektor bude rozvíjet pomalu, fragmentovaně a převážně v podobě izolovaných demonstračních projektů.

5.5 Infrastrukturní a provozní výzvy

Rozvoj vodíkového sektoru je podmíněn také existencí nebo alespoň postupným vznikem odpovídající infrastruktury. Bez návaznosti mezi výrobou, skladováním, distribucí a koncovým využitím zůstávají i technologicky kvalitní projekty izolovanými ostrovy bez širšího tržního dopadu. V českém prostředí je tento problém zvláště patrný, protože vodíková infrastruktura se teprve formuje a v řadě případů zatím neexistuje dostatečně robustní propojení mezi výrobními kapacitami, dopravními či průmyslovými odběrateli a navazujícími logistickými řešeními.

Infrastrukturní výzva má odlišnou podobu podle sektoru využití. V průmyslu je klíčové zejména propojení výroby vodíku s konkrétními odběrateli, dostupnost skladování, komprese, případně potrubního nebo lokálního distribučního řešení. V dopravě je zásadní otázkou plnicí infrastruktura, její kapacitní využití, rozmístění, spolehlivost a návaznost na reálné provozní trasy vozidel. V energetice se infrastrukturní otázka týká zejména napojení elektrolyzérů na elektrizační soustavu, dostupnosti vhodných lokalit, možnosti flexibilního provozu a budoucího propojení s dalšími energetickými a průmyslovými systémy.

Provozní výzvy souvisejí i s kvalitou vstupů, měřením a řízením procesů. Studie k dodavatelským řetězcům připomíná význam instrumentace, sensoriky, měření tlaku, průtoku, detekce úniků a kontroly kvality vody či plynu v jednotlivých částech vodíkového řetězce. To ukazuje, že praktické nasazení vodíku není jen otázkou „velkých zařízení“, jako jsou elektrolyzéry, zásobníky nebo plnicí stanice, ale i detailní technické infrastruktury, bez níž nelze zajistit bezpečný, stabilní a certifikovatelný provoz. V praxi tak může být úzkým hrdlem i oblast, která na první pohled nepůsobí strategicky, ale je nezbytná pro funkční integraci celého systému. [4]

Specifickou výzvou je také sladění provozu s energetickými vstupy. U projektů založených na elektrolytickém vodíku je důležitá vazba na dostupnost elektřiny, její cenu, původ, regulační podmínky a schopnost provozně reagovat na proměnlivé podmínky. To zvyšuje význam flexibilního řízení, predikce, automatizace a optimalizace provozu, ale zároveň komplikuje ekonomiku projektů i návrh technologických konfigurací. Elektrolyzér v takovém pojetí není pouze výrobním zařízením, ale také flexibilní spotřebou, jejíž provozní režim musí být sladěn s energetickými, ekonomickými a regulatorními podmínkami.

Infrastrukturní a provozní otázky jsou proto úzce propojeny s technologickými i digitálními tématy. Bez kvalitního měření, provozních dat, řídicích systémů, bezpečnostního monitoringu a schopnosti sdílet relevantní data mezi jednotlivými aktéry nelze zajistit spolehlivý provoz ani důvěryhodné prokazování parametrů vodíku. To je důležité nejen pro bezpečnost a efektivitu, ale také pro certifikaci, obchodování a započítatelnost vodíku do dekarbonizačních cílů. Digitalizace zde tedy není samostatnou vrstvou oddělenou od infrastruktury, ale praktickým předpokladem jejího fungování.

Pro další rozvoj v České republice bude klíčové podporovat taková infrastrukturní řešení, která propojí konkrétní výrobce s konkrétními odběrateli a budou mít jasný provozní model. V rané fázi rozvoje lze očekávat spíše vznik lokálních nebo regionálních vodíkových uzlů než plošně rozvinutou celostátní infrastrukturu. Tyto uzly mohou vznikat zejména v průmyslových lokalitách, logistických centrech nebo regionech s kombinací výrobního potenciálu, odběru a vhodné energetické infrastruktury. Z pohledu Akčního plánu je proto důležité vnímat infrastrukturu nejen jako technickou investici, ale jako nástroj propojení trhu, výroby, spotřeby, bezpečnosti a datového řízení.

5.6 Výzvy v oblasti dovedností, koordinace a institucionálního prostředí

Rozvoj vodíkových technologií závisí také na lidských kapacitách, kvalitě spolupráce a celkové institucionální připravenosti prostředí. To se týká jak výzkumných organizací a firem, tak veřejné správy, regionálních inovačních struktur, vzdělávacích institucí, investorů a dalších podpůrných subjektů. V praxi se ukazuje, že rozvoj sektoru nebrzdí pouze nedostatek financí nebo technologií, ale také omezená dostupnost odborníků, slabší schopnost propojovat výzkum s aplikací a ne vždy dostatečně funkční komunikační a kooperační ekosystém.

Vodíkový sektor je svou povahou výrazně mezioborový. Vyžaduje propojení expertizy z oblasti energetiky, chemie, materiálového výzkumu, strojírenství, řízení procesů, bezpečnosti, digitalizace, certifikace, práva, financování i obchodu. Pokud tyto kompetence nejsou dostatečně propojené, dochází k fragmentaci aktivit, pomalejšímu přenosu poznatků do praxe a k oslabení schopnosti dotahovat projekty z výzkumné nebo demonstrační fáze do aplikačního využití. V českém prostředí proto bude důležité nejen podporovat jednotlivé projekty, ale také budovat dlouhodobou schopnost spolupráce napříč obory, sektory a typy institucí.

Zvláštní výzvu představuje přenos výsledků výzkumu a vývoje do praxe. Výzkumné organizace a univerzity mohou disponovat relevantním know-how, laboratorní infrastrukturou a odbornými kapacitami, avšak komercializace výsledků často vyžaduje další kroky: pilotní ověření, certifikaci, ochranu duševního vlastnictví, průmyslového partnera, financování škálování a jasnější znalost potřeb trhu. Pokud tyto vazby nejsou vytvořeny, zůstává část výsledků výzkumu v akademické nebo projektové rovině a jen omezeně se promítá do nových produktů, služeb nebo průmyslových aplikací.

Pro malé a střední podniky a startupy je tato situace obzvláště citlivá. Tyto subjekty mohou být nositeli specializovaných inovací, komponent, softwarových řešení, měření, bezpečnostních systémů nebo integračních služeb, ale často nemají dostatečné kapacity pro dlouhý vývojový cyklus, regulatorní orientaci, ochranu duševního vlastnictví, certifikaci, pilotní provoz a vstup do větších průmyslových projektů. Podkladová studie PwC proto mezi doporučení řadí budování komunikačního ekosystému pro MSP, lepší práci s duševním vlastnictvím, zvýšení viditelnosti firem a dostupnost sdílené infrastruktury. [3]

Institucionální výzva spočívá také v koordinaci mezi veřejnou správou, průmyslem, výzkumem a regionálními aktéry. Vodíkové projekty často přesahují kompetence jedné instituce nebo jednoho programu podpory. Mohou se dotýkat energetiky, průmyslu, dopravy, životního prostředí, bezpečnosti, stavebního řízení, vzdělávání, výzkumu a regionálního rozvoje. Pokud mezi těmito oblastmi chybí koordinace, vzniká riziko roztržštěných aktivit, duplicitních iniciativ, pomalého rozhodování a nedostatečné návaznosti mezi strategickými cíli a praktickou implementací.

Pro platformu typu HYTEP z toho vyplývá, že významnou část výzev nelze řešit pouze investicí do technologie. Stejně důležité je vytvářet prostředí pro sdílení informací, koordinaci aktérů, rozvoj znalostí, výměnu zkušeností a lepší návaznost mezi

strategickým plánováním, výzkumem, financováním a reálnou implementací projektů. Platforma může v této oblasti plnit roli prostředníka mezi různými skupinami aktérů, pomáhat identifikovat společná témata, formulovat potřeby sektoru a podporovat jejich převod do konkrétních aktivit, doporučení nebo projektových záměrů.

Výzvy v oblasti dovedností, koordinace a institucionálního prostředí proto přímo ovlivňují schopnost českého vodíkového ekosystému růst. Bez dostatečných kompetencí, funkčních partnerství, sdílené infrastruktury a jasné komunikace mezi aktéry může docházet k tomu, že i technicky smysluplné a strategicky žádoucí projekty budou narážet na omezenou absorpční kapacitu trhu, slabý transfer výzkumu do praxe nebo nedostatečnou připravenost institucí na nové typy technologických a investičních potřeb.

5.7 Shrnutí hlavních výzev

Současné výzvy při uplatňování vodíku v průmyslu, dopravě a energetice mají vícevrstevnatý charakter. Nelze je redukovat pouze na cenu technologií nebo na absenci infrastruktury. Ve skutečnosti jde o souběh regulatorní nejistoty, technologických omezení, slabé poptávky, vysoké investiční náročnosti, omezené bankovatelnosti, ne zcela rozvinuté infrastruktury, institucionální fragmentace a nedostatečně rozvinutých digitálních a certifikačních schopností. Právě tento souběh faktorů vysvětluje, proč je tempo rozvoje vodíkového sektoru zatím pozvolné a proč bude pro jeho další rozvoj nezbytné pracovat se systémově propojenými opatřeními. [3], [4], [7]

Z hlediska Akčního plánu je důležité, že jednotlivé výzvy nejsou izolované. Regulatorní nejistota zhoršuje bankovatelnost projektů, slabá poptávka omezuje investiční ochotu, chybějící infrastruktura komplikuje vznik trhu a nedostatečné digitální a certifikační schopnosti snižují důvěryhodnost budoucího obchodování s vodíkem. Technologické, tržní, infrastrukturní a institucionální bariéry se proto vzájemně posilují a vytvářejí prostředí, ve kterém je obtížné přejít od jednotlivých pilotních aktivit k širšímu praktickému uplatnění.

Zároveň však platí, že většina těchto výzev nepředstavuje argument proti rozvoji vodíku jako takového. Spíše ukazují, že rozvoj vodíkového sektoru vyžaduje realističtější prioritizaci, cílenější podporu a lepší koordinaci mezi technologiemi, trhem, regulací, veřejnou politikou, výzkumem a investory. Klíčové nebude podporovat vodík plošně a bez ohledu na konkrétní využití, ale zaměřit se na oblasti, kde existuje reálný potenciál poptávky, technologická proveditelnost, možnost propojení s odběratelem a přidaná hodnota pro český průmysl a výzkumně-inovační ekosystém.

Právě na tuto logiku navazují následující kapitoly, které se budou věnovat stavu výzkumně-vývojových aktivit, systémovým bariérám a návrhu opatření pro jejich řešení. Kapitola 5 tak vytváří přechod mezi popisem současného stavu sektoru a návrhovou částí Akčního plánu: ukazuje, jaké překážky je nutné překonat, aby bylo možné potenciál vodíku převést do konkrétních projektů, investic, inovací a funkčních hodnotových řetězců.

Tabulka 8: Přehled hlavních výzev pro uplatnění vodíku

Oblast výzvy	Hlavní problém	Dopad na rozvoj sektoru
Legislativní a regulatorní	Nejistota pravidel, certifikace, povolování, administrativní náročnost a datová průkaznost	Zvyšuje transakční náklady, komplikuje bankovatelnost a oddaluje investiční rozhodnutí
Technologická	Integrace zařízení do funkčního systému, životnost komponent, materiálová závislost, provozní řízení a bezpečnost	Omezuje škálování, zvyšuje technické riziko a vyžaduje testování, integraci a specializované know-how
Ekonomická a investiční	Vysoké investiční a provozní náklady, nejistá návratnost, omezená bankovatelnost a závislost na veřejné podpoře	Snižuje ochotu investorů vstupovat do projektů a zpomaluje přechod od pilotních aktivit ke komerčnímu nasazení
Tržní	Slabá a nejistá poptávka, chybějící dlouhodobé odběratelské vztahy, nedostatečná koordinace výroby, infrastruktury a spotřeby	Brání škálování projektů, zhoršuje bankovatelnost a zpomaluje vznik funkčního trhu
Infrastrukturní a provozní	Chybějící propojení výroby, skladování, distribuce a odběru; nároky na měření, bezpečnost, řízení a kvalitu vstupů	Vytváří izolované projekty, komplikuje provozní integraci a omezuje škálování vodíkového trhu
Digitální a certifikační	Nedostatečná interoperabilita dat, evidence původu, provozní transparentnost a kybernetická bezpečnost	Komplikuje důvěryhodné fungování trhu, certifikaci a započitatelnost vodíku do dekarbonizačních cílů
Kompetenční a institucionální	Nedostatek odborníků, slabší transfer výzkumu do praxe, roztržitá koordinace aktérů, omezená kapacita MSP a startupů	Zpomaluje komercializaci, snižuje schopnost připravovat komplexní projekty a omezuje zapojení českých subjektů do hodnotových řetězců

Zdroj: vlastní zpracování HYTEP na základě podkladové studie PwC, studie EGU a dotazníkových šetření. [3], [4], [7]

6. Současný stav výzkumně-vývojových aktivit v oblasti vodíku v České republice

Současný stav výzkumně-vývojových aktivit v oblasti vodíku v České republice lze charakterizovat jako prostředí, které již disponuje relevantní odbornou základnou, aktivními výzkumnými pracovišti i prvními specializovanými projekty, avšak zatím nedosáhlo takové šíře, intenzity a návaznosti na průmyslové nasazení, jaká je patrná ve vyspělejších evropských vodíkových ekosystémech. Rozvoj výzkumu a vývoje se soustředí zejména na technologie výroby obnovitelného vodíku, vybrané otázky skladování, distribuce, materiálové odolnosti, provozní bezpečnosti a dílčí oblasti související s integrací vodíku do energetických a průmyslových systémů. Současně je zřejmé, že české prostředí má blíže k fázi odborné a technologické konsolidace než k fázi masivního škálování a průmyslového rozmachu. [3]

Výzkumně-vývojové aktivity je proto nutné posuzovat nejen podle počtu projektů nebo zapojených institucí, ale také podle jejich schopnosti vytvářet prakticky využitelné výsledky. V oblasti vodíku má rozhodující význam návaznost mezi základním výzkumem, aplikovaným vývojem, testováním, pilotním ověřením, demonstrací a následnou komercializací. Právě schopnost překlenout vzdálenost mezi laboratorním výsledkem a průmyslově použitelným řešením bude jedním z určujících faktorů toho, zda se české výzkumné kapacity promítnou do reálného rozvoje vodíkových technologií.

Pro potřeby tohoto Akčního plánu je důležité nevnímat výzkumně-vývojové aktivity pouze jako soubor jednotlivých projektů, ale jako součást širšího inovačního ekosystému. Jeho kvalitu neurčuje jen tematická šíře výzkumu, ale také schopnost vytvářet návaznost mezi výzkumnými organizacemi a průmyslem, mezi veřejnou podporou a komerčním využitím, mezi technologickým vývojem a reálnou poptávkou trhu a mezi domácími aktivitami a evropskými výzkumnými a demonstračními programy. Právě v této schopnosti systémového propojení zůstává české prostředí zatím spíše ve vývojové fázi. [3], [7]

Z hlediska dalšího rozvoje je proto klíčové, aby se výzkum a vývoj v oblasti vodíku neomezoval pouze na jednotlivá technická témata, ale aby byl více provázán s potřebami průmyslu, dopravních a energetických aplikací, s regulačními požadavky, certifikací, bezpečností, digitalizací a rozvojem hodnotových řetězců. To je důležité zejména pro malé a střední podniky, startupy a specializované technologické firmy, které mohou být nositeli dílčích inovací, ale často potřebují přístup k testovací infrastruktuře, partnerům, financování, referenčním projektům a odborné podpoře při vstupu do aplikační fáze.

Kapitola se proto dále zaměřuje na výzkumné kapacity v České republice, tematické zaměření výzkumu a vývoje, příklady projektů a institucionálního zapojení, otázku přenosu výsledků do praxe a souhrn silných stránek a hlavních limitů současného stavu. Cílem není vytvořit úplný katalog všech aktivit, ale pojmenovat hlavní charakteristiky českého výzkumně-vývojového prostředí a jeho význam pro další rozvoj vodíkového ekosystému.

6.1 Výzkumné kapacity v České republice

Česká republika disponuje několika výzkumnými organizacemi a odbornými pracovišti, která se vodíkovým technologiím dlouhodobě nebo projektově věnují. Podkladová studie PwC zachycuje, že v českém prostředí existují aktivní subjekty zaměřené na oblast elektrolytických technologií, materiálového výzkumu, palivových článků, provozní bezpečnosti, plynárenské infrastruktury i průmyslových aplikací. Výzkumné kapacity jsou přítomny jak na univerzitách a veřejných výzkumných institucích, tak v některých aplikačně orientovaných organizacích a technických centrech. Nejde tedy o oblast bez domácí odborné báze, ale o sektor, který má spíše fragmentovanou a projektově rozvíjenou výzkumnou infrastrukturu. [3]

Z hlediska dalšího rozvoje je důležité rozlišovat mezi různými typy výzkumných a inovačních kapacit. První skupinu představují instituce zaměřené na základní a aplikovaný výzkum, například v oblasti elektrochemie, materiálů, membrán, katalyzátorů, palivových článků nebo bezpečnosti provozu. Druhou skupinu tvoří pracoviště orientovaná na technické ověřování, testování, provozní bezpečnost a integraci vodíku do stávajících energetických, plynárenských nebo průmyslových systémů. Třetí skupinu představují podnikové a aplikačně zaměřené kapacity, které mohou výsledky výzkumu převádět do konkrétních komponent, služeb, řídicích systémů nebo integračních řešení.

Specifickou roli v českém prostředí hrají subjekty schopné propojovat laboratorní výzkum s testováním, pilotním provozem a technickým ověřováním v podmínkách blízkých praxi. Právě tento typ kapacit je pro vodíkový sektor zásadní, protože cesta od dílčího technologického řešení k širší komercializaci vyžaduje nejen vědecký výzkum, ale i možnost validace, certifikace, provozního testování a integrace do širších systémů. Bez těchto mezistupňů hrozí, že výsledky výzkumu zůstanou v laboratorní nebo projektové fázi a jen omezeně se promítnou do průmyslového využití.

V evropském prostředí mají významnou roli specializovaná testovací, demonstrační a translační centra, která propojují akademický výzkum s potřebami průmyslových inovátorů. Česká republika má v této oblasti dílčí kapacity, avšak jejich rozsah, dostupnost pro podniky a systémová provázanost zůstávají omezenější než v některých vyspělejších zahraničních ekosystémech. To je důležité zejména pro malé a střední podniky a startupy, které často nemají vlastní infrastrukturu pro dlouhodobé testování, certifikaci nebo provozní ověření svých řešení.

Vedle samotných výzkumných institucí je důležité zmínit i roli národních a evropských podpůrných struktur, které výzkum a inovace v oblasti vodíku financují nebo organizačně podporují. Podkladová studie PwC pracuje s vazbou na programy Horizon Europe, Clean Hydrogen Partnership, další evropské výzkumné iniciativy a domácí grantové nástroje. To ukazuje, že české výzkumné aktivity nejsou izolované, ale jsou do určité míry navázány na širší evropské rámce. Zároveň však zůstává otázkou, do jaké míry se českým subjektům daří tuto vazbu proměňovat v dlouhodobější specializaci, silnější mezinárodní pozici a účast v konsorciích, která mají přímou návaznost na demonstrační a komerční fázi rozvoje vodíkových technologií. [3]

Z pohledu Akčního plánu proto není rozhodující pouze existence jednotlivých výzkumných pracovišť, ale také jejich propojení s průmyslem, dostupnost testovací infrastruktury, schopnost vstupovat do evropských projektů a schopnost vytvářet výsledky využitelné v praxi. Výzkumné kapacity v České republice představují důležitý základ, který však bude pro další rozvoj vodíkového sektoru nutné lépe integrovat s potřebami podniků, veřejné správy, investorů a regionálních inovačních struktur.

Tabulka 9: Typy výzkumných a inovačních kapacit relevantních pro vodíkové technologie v ČR

Typ kapacity	Příklady zaměření	Význam pro rozvoj vodíkového ekosystému
Univerzity a veřejné výzkumné instituce	elektrochemie, materiálový výzkum, palivové články, bezpečnost, modelování a systémové analýzy	vytvářejí odbornou základnu, nové poznatky a lidské kapacity
Aplikačně orientovaná výzkumná a technická pracoviště	testování komponent, provozní ověřování, bezpečnost, plynárenská infrastruktura, průmyslové aplikace	pomáhají převádět výzkum do technicky ověřitelných řešení
Testovací a demonstrační infrastruktura	pilotní provoz, validace technologií, certifikace, zkoušení v podmínkách blízkých praxi	snižuje riziko přechodu z laboratorní fáze do aplikačního využití
Podnikové a inovační kapacity	vývoj komponent, integrace systémů, měření, řízení, digitalizace, servisní a inženýrské služby	umožňují komercializaci výsledků a zapojení do hodnotových řetězců
Evropské a národní podpůrné struktury	Horizon Europe, Clean Hydrogen Partnership, domácí programy VaVal	poskytují financování, síťování a vazbu na mezinárodní projekty

Zdroj: vlastní zpracování HYTEP na základě podkladové studie PwC. [3]

6.2 Zaměření výzkumu a vývoje v České republice

Tematické zaměření českých výzkumně-vývojových aktivit v oblasti vodíku je relativně široké, přesto je z dostupných podkladů patrné, že největší pozornost je věnována zejména technologiím výroby vodíku, otázkám elektrolyzérů, jejich řízení a digitalizace, materiálovým a provozním aspektům vodíkových zařízení a problémům spojeným s integrací vodíku do stávajících technických systémů. Výzkum se tedy nesoustředí pouze na samotnou výrobu vodíku, ale také na širší technické, bezpečnostní a provozní podmínky jeho budoucího využití. [3]

Podkladová studie PwC potvrzuje, že výzkum a vývoj vodíkových technologií pokrývá spektrum aktivit od základního výzkumu až po aplikovaný výzkum zaměřený na

efektivnější výrobu, skladování a distribuci vodíku. Současně je však třeba upozornit, že hlavní tematický fokus této studie byl položen zejména na výrobu obnovitelného vodíku. Český výzkumný obraz, který z ní vyplývá, je proto do určité míry ovlivněn právě tímto segmentem. Přesto z ní lze dovodit, že v českém prostředí již existují aktivity zaměřené nejen na samotné elektrolyzéry, ale i na související řídicí systémy, provozní optimalizaci, digitalizaci, bezpečnost, materiálovou kompatibilitu a vybrané prvky infrastruktury. [3]

Významnou tematickou oblastí je výzkum technologií výroby vodíku, zejména elektrolytických řešení. Ten zahrnuje otázky účinnosti, životnosti, provozní flexibility, nákladové optimalizace, řízení elektrolyzérů a jejich vazby na dostupnost elektřiny z obnovitelných nebo nízkoemisních zdrojů. V této oblasti se výzkum přirozeně propojuje s digitalizací, protože provoz elektrolyzérů bude stále více záviset na schopnosti řídit zařízení podle cenových signálů, dostupnosti elektřiny, technického stavu zařízení a požadavků na certifikaci původu vodíku.

Další významnou oblast představuje materiálový výzkum a otázky bezpečnosti. Vodík klade specifické nároky na materiály, těsnění, potrubní systémy, tlakové nádoby, senzory a další komponenty. Výzkum se proto musí zabývat nejen novými materiály nebo komponentami, ale také kompatibilitou stávající infrastruktury s vodíkem, dopady vodíku na životnost zařízení, detekci úniků, bezpečnosti provozu a možnostmi technického ověřování v podmínkách blízkých praxi. Tento typ výzkumu je zvláště důležitý pro průmyslové a energetické aplikace, kde bude vodík vstupovat do existujících systémů, nikoli pouze do nově budovaných izolovaných zařízení. [3], [4]

Za důležitý znak současného stavu lze považovat i to, že český výzkum se neomezuje výhradně na laboratorní vývoj nových materiálů či komponent, ale v některých případech řeší i témata s přímou vazbou na provozní realitu. Příkladem jsou projekty zaměřené na dopady vodíku na životnost plynárenské infrastruktury, potrubních systémů a skladovacích nádrží nebo na širší otázku bezpečnosti a kompatibility stávajících zařízení s vodíkovými směsmi a vodíkovým provozem. Tento typ výzkumu je pro české prostředí mimořádně relevantní, protože vytváří most mezi výzkumem a praktickými otázkami budoucí implementace vodíku v energetických a průmyslových systémech.

Vedle technických a materiálových témat nabývá na významu také výzkum zaměřený na digitální řízení, certifikaci a systémovou integraci vodíkových řešení. Patří sem provozní monitoring, prediktivní údržba, práce s daty, optimalizace výroby, interoperabilita systémů, evidence původu a emisních parametrů vodíku nebo vazba elektrolyzérů na energetické trhy a řízení spotřeby. Tyto oblasti zatím nemusí být vždy vnímány jako tradiční „vodíkový výzkum“, ale pro praktické nasazení vodíku budou stále důležitější.

Zároveň je patrné, že ve srovnání s Evropskou unií je český výzkumně-vývojový záběr i objem aktivit stále výrazně menší. Podkladová studie PwC uvádí, že v rámci EU probíhají desítky projektů napříč celým hodnotovým řetězcem, od škálování elektrolyzérů přes kvalitu klíčových komponent až po certifikaci, flexibilní řízení a aplikace v průmyslu, dopravě nebo e-palivech. České prostředí tak disponuje reálnou odbornou kapacitou, ale zatím působí spíše jako menší a užší podsystém širšího evropského inovačního prostoru než jako jeho samostatný tahoun. [3]

Pro další rozvoj bude proto důležité, aby se tematické zaměření českého VaV postupně rozšiřovalo od jednotlivých technologických témat směrem k integrovaným řešením. To znamená posilovat nejen výzkum elektrolyzérů nebo materiálů, ale také testování systémů, bezpečnost, certifikaci, digitalizaci, provozní optimalizaci, napojení na průmyslové odběratele a schopnost zapojit české subjekty do evropských výzkumných a demonstračních projektů. Právě tato kombinace může zvýšit praktický dopad českého výzkumu na rozvoj vodíkového ekosystému.

Tabulka 10: Hlavní tematické oblasti výzkumu a vývoje vodíkových technologií v ČR

Tematická oblast VaV	Příklady zaměření	Význam pro rozvoj vodíkového ekosystému
Výroba vodíku	elektrolyzéry, účinnost, životnost, provozní flexibilita, vazba na zdroje elektřiny	základ pro rozvoj obnovitelného a nízkoemisního vodíku
Materiály a komponenty	membrány, katalyzátory, těsnění, potrubí, tlakové nádoby, senzory	zvyšují bezpečnost, životnost a spolehlivost vodíkových zařízení
Skladování, distribuce a infrastruktura	skladovací systémy, potrubní infrastruktura, tlakové systémy, kompatibilita zařízení	umožňují propojení výroby s koncovým využitím
Bezpečnost a provozní spolehlivost	detekce úniků, měření, testování, technické ověřování, provozní rizika	podmínka bezpečného nasazení vodíku v průmyslu, dopravě a energetice
Digitalizace a řízení	monitoring, prediktivní údržba, optimalizace provozu, práce s daty	zvyšuje účinnost, flexibilitu a provozní konkurenceschopnost projektů
Certifikace a systémová integrace	evidence původu, emisní parametry, interoperabilita, napojení na trh a regulaci	podporuje důvěryhodnost trhu a praktickou využitelnost vodíku

Zdroj: vlastní zpracování HYTEP na základě podkladové studie PwC a studie EGU. [3], [4]

6.3 Příklady projektů a institucionální zapojení

Z podkladů je zřejmé, že české subjekty se zapojují jak do domácích, tak do mezinárodních projektů zaměřených na vodíkové technologie, infrastrukturu, bezpečnost, proveditelnost a systémovou integraci. Podkladová studie PwC zmiňuje například projekty HYGAS, HOOPLA, HYDROMUN nebo Hydro-NiCE, které se týkají dopadů vodíku na infrastrukturu, přeshraniční spolupráce, výzkumu proveditelnosti a dalších technických aspektů vodíkového hospodářství. Tyto projekty ukazují, že český výzkum není omezen pouze na

teoretické otázky, ale řeší i konkrétní provozní a systémové problémy relevantní pro budoucí aplikaci vodíku v praxi. [3]

Význam těchto projektů nespočívá pouze v jejich individuálních výstupech, ale také v tom, že vytvářejí zkušenost s mezioborovou spoluprací, technickým ověřováním a zapojením českých subjektů do širších evropských diskusí. Vodíkové technologie vyžadují propojení výzkumu, průmyslu, infrastruktury, regulace a bezpečnostních aspektů. Projekty zaměřené například na kompatibilitu infrastruktury, proveditelnost vodíkových řešení nebo mezinárodní spolupráci proto pomáhají vytvářet znalostní základnu, kterou lze následně využít při přípravě demonstračních a aplikačních projektů.

Důležitým rysem je také účast českých expertů a organizací v mezinárodních konsorciích. Odpovědi v dotazníkovém šetření PwC ukazují, že mezinárodní projekty mohou přinášet nejen samotný výzkumný výstup, ale i přístup ke kontaktům, budoucím konsorciálním partnerstvím a lepšímu pochopení zahraničních trendů. To je pro český sektor důležité zejména proto, že vodíkové technologie představují oblast, v níž je mezinárodní síťování, znalost evropských programů a schopnost vstupovat do konsorcií významnou součástí inovační úspěšnosti. [7]

Institucionální zapojení je důležité také z hlediska návaznosti na evropské programy a partnerství. Projekty financované nebo koordinované v evropském rámci umožňují českým subjektům porovnávat vlastní kapacity se zahraničím, získávat přístup k poznatkům a partnerům, které by na čistě domácí úrovni byly obtížně dostupné, a zároveň lépe rozumět tomu, kam se posouvají technologické, regulační a tržní priority evropského vodíkového sektoru. Tato vazba je významná zejména u témat, která vyžadují rozsáhlejší demonstrační infrastrukturu, sdílení dat, bezpečnostní standardy nebo mezinárodní harmonizaci pravidel.

Současně je ale vhodné upozornit, že samotná existence projektů ještě automaticky neznamená vznik silného a sebeudržitelného inovačního ekosystému. České prostředí zatím působí spíše jako síť jednotlivých výzkumných a inovačních aktivit než jako plně konsolidovaný systém s robustními testbedy, stabilní pipeline demonstračních projektů a rychlým přechodem od VaV k tržnímu nasazení. To není známkou absence kvality, ale spíše známkou dosud omezeného rozsahu, fragmentace aktivit a nižšího stupně škálování.

Pro další rozvoj bude proto důležité, aby projekty nebyly vnímány pouze jako samostatné výzkumné aktivity, ale jako stavební kameny širšího inovačního ekosystému. To znamená lépe sledovat jejich návaznost na průmyslové potřeby, využívat jejich výsledky při přípravě demonstračních projektů, podporovat zapojení MSP a startupů do konsorcií a vytvářet podmínky pro to, aby projektové výstupy nezůstávaly izolované, ale promítaly se do nových technologií, služeb, metodik, certifikačních postupů nebo obchodně využitelných řešení.

Tabulka 11: Příklady projektů a jejich význam pro český vodíkový VaV ekosystém

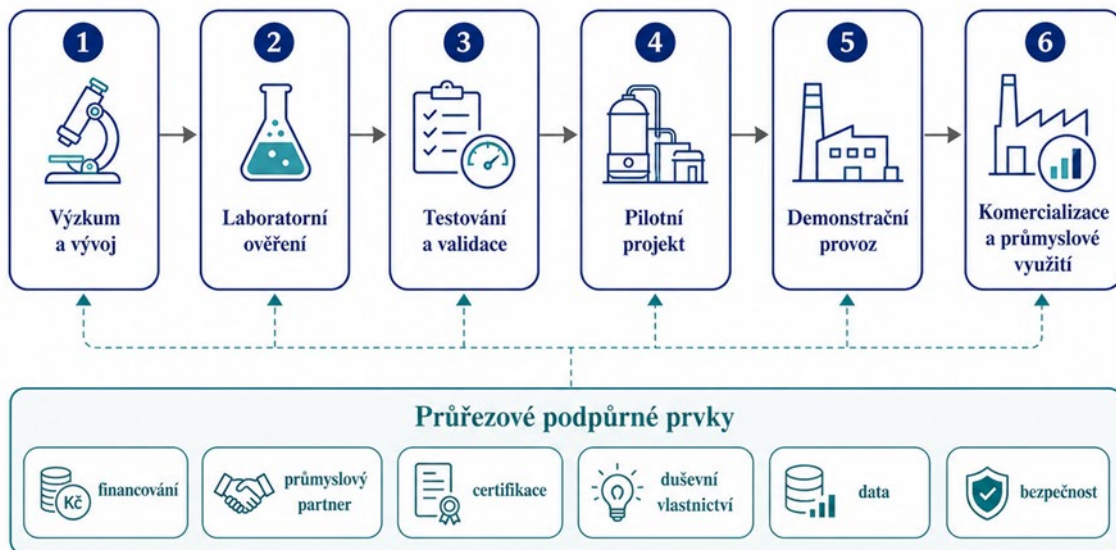
Projekt / aktivita	Hlavní tematické zaměření	Význam pro Akční plán
HYGAS	dopady vodíku na plynárenskou infrastrukturu a technické podmínky využití vodíku v plynárenských systémech	přispívá k posouzení kompatibility infrastruktury a provozních rizik
HOOPLA	přeshraniční spolupráce a rozvoj znalostního a projektového zázemí v oblasti vodíku	posiluje mezinárodní síťování a zapojení českých subjektů do evropských aktivit
HYDROMUN	výzkum proveditelnosti a technických aspektů vodíkových řešení	podporuje ověřování praktické využitelnosti vodíkových technologií
Hydro-NiCE	technické a systémové aspekty rozvoje vodíkového hospodářství	přispívá k propojení výzkumu, infrastruktury a aplikačních potřeb
Mezinárodní konsorcia a evropské projekty	sdílení know-how, partnerství, přístup k evropským trendům a programům	zvyšují šanci českých subjektů zapojit se do navazujících demonstračních a inovačních aktivit

Zdroj: vlastní zpracování HYTEP na základě podkladové studie PwC a dotazníkového šetření. [3], [7]

6.4 Přenos výsledků do praxe a spolupráce s průmyslem

Jedním z klíčových kritérií hodnocení současného stavu výzkumu a vývoje není pouze kvalita výzkumu samotného, ale schopnost přenášet výsledky do aplikační sféry. V oblasti vodíku nestačí pouhá existence výzkumných projektů; rozhodující je, zda výzkumné výsledky vedou k ověřeným technologiím, pilotním aplikacím, novým produktům, službám nebo specializovaným kompetencím využitelným na trhu. Přenos výsledků do praxe proto představuje jeden z hlavních ukazatelů úspěšnosti vodíkového inovačního ekosystému.

V českém prostředí je tato otázka zvláště důležitá, protože řada aktivit se nachází mezi výzkumnou, demonstrační a raně aplikační fází. Právě tato mezifáze bývá nejrizikovější: technologie je již odborně rozpracovaná, ale ještě nemusí být ověřena v provozních podmínkách, certifikována, začleněna do širšího systému nebo spojena s konkrétním průmyslovým odběratelem. Přechod od laboratorního výsledku k tržně použitelnému řešení proto vyžaduje nejen financování výzkumu, ale také testovací infrastrukturu, pilotní projekty, průmyslové partnery, technické ověřování, ochranu duševního vlastnictví a znalost požadavků budoucích zákazníků.



Obrázek 3: Přenos výsledků výzkumu a vývoje do praxe

Zdroj: vlastní zpracování HYTEP na základě podkladové studie PwC. [3]

Podkladová studie PwC identifikuje prostředí malých a středních podniků a startupů jako důležitou, ale zranitelnou část vodíkového ekosystému. Z textu studie i z dotazníkového šetření vyplývá, že tyto subjekty narážejí na kombinaci investičních, regulatorních, technologických i personálních omezení. To má přímý dopad i na transfer výsledků do praxe, protože právě MSP a startupy často představují nositele specializovaných inovací, integrátory dílčích řešení nebo pružné dodavatele komponent, softwaru, měření, bezpečnostních systémů a technických služeb. Pokud však nemají dostatečný přístup k pilotním projektům, testovací infrastruktuře, financování, referencím a kvalifikovaným partnerům, jejich schopnost převést výzkum nebo vývoj do komerční podoby zůstává omezená. [3], [7]

Spolupráce s průmyslem je v tomto ohledu zásadní. Průmysloví partneři mohou přinášet konkrétní zadání, provozní podmínky, znalost trhu, investiční kapacitu a možnost ověřit technologii v reálném prostředí. Výzkumné organizace naopak přinášejí odborné know-how, laboratorní kapacity, metodiky testování a schopnost řešit technologické problémy s vyšší mírou specializace. Pokud mezi těmito dvěma světy nevzniká dostatečně funkční vazba, dochází k tomu, že výsledky výzkumu zůstávají izolované od potřeb trhu nebo že průmyslové firmy nemají přístup k inovacím, které by mohly snížit technologická a provozní rizika jejich projektů.

Zkušenosti ze zahraničí ukazují, že úspěšný transfer v oblasti vodíku obvykle stojí na existenci dobře fungujících vazeb mezi výzkumnými organizacemi, průmyslovými partnery, testovacími a demonstračními centry a veřejnými podpůrnými programy. České prostředí v této oblasti disponuje dílčími základy, ale zatím postrádá dostatečně silný a systematický most mezi výzkumem, demonstrací a komercializací. To platí zejména pro projekty, které se nacházejí mezi laboratorní fází a průmyslovým nasazením, tedy ve stadiu, kde jsou finanční, technická i regulatorní rizika nejvyšší.

Důležitým prvkem transferu je také práce s duševním vlastnictvím, certifikací a viditelností firem. Podkladová studie PwC upozorňuje na potřebu lepší práce s IP, budování komunikačního ekosystému pro MSP, zvyšování viditelnosti firem a dostupnost sdílené infrastruktury. Tyto prvky nejsou pouze doplňkovou podporou, ale mohou rozhodovat o tom, zda se technické řešení dostane z fáze výzkumu do podoby produktu, služby nebo průmyslově využitelné aplikace. [3]

Pro další rozvoj českého vodíkového ekosystému bude proto nezbytné posilovat mechanismy, které propojují výzkum s průmyslem a umožňují postupné snižování rizika při přechodu do praxe. To zahrnuje podporu pilotních projektů, demonstračních aktivit, sdílených testovacích kapacit, technologického mentoringu, zapojení průmyslových partnerů do raných fází vývoje a lepší návaznost mezi veřejnou podporou, výzkumnými výsledky a tržní poptávkou. Přenos výsledků do praxe tak není jednorázový krok, ale postupný proces, který vyžaduje koordinaci, financování, technické ověřování a důvěru mezi jednotlivými aktéry.

6.5 Silné stránky a hlavní limity současného stavu

Mezi hlavní silné stránky českého výzkumně-vývojového prostředí v oblasti vodíku patří existence odborné báze, přítomnost výzkumných institucí a technických center, vazba na evropské programy a schopnost řešit jak technologická, tak provozně relevantní témata. České prostředí tedy nevstupuje do vodíkové transformace „z nuly“, ale opírá se o již existující odborné zázemí a o zkušenosti z domácích i mezinárodních projektů. To vytváří solidní základ pro další rozvoj, zejména pokud bude lépe propojen s demonstračními aktivitami, průmyslovými potřebami a podporou navazujících investic. [3], [7]

Významnou výhodou českého prostředí je také průmyslová a technická tradice, která může být využitelná v návazných částech vodíkového řetězce. Nejde pouze o samotný výzkum výroby vodíku, ale také o potenciál v oblasti komponent, podpůrných systémů zařízení, měření, sensoriky, bezpečnosti, provozního řízení, inženýringu, integrace technologií a specializovaných služeb. Právě tyto oblasti mohou českým subjektům umožnit zapojení do evropských hodnotových řetězců i v situaci, kdy Česká republika nemusí být výrobcem všech hlavních systémových technologií. [4]

Hlavní limity současného stavu spočívají především v menším rozsahu aktivit oproti zahraničí, ve fragmentaci výzkumného prostředí, v omezenější infrastruktuře pro testování a škálování, v nižší absorpční schopnosti trhu a v obtížnějším přenosu výsledků výzkumu do aplikační praxe. Český VaV sektor v oblasti vodíku tak zatím působí jako prostředí s reálným potenciálem, ale s omezenou systémovou silou pro rychlejší přechod k masovějšímu nasazení technologií. [3]

Významným limitem je rovněž slabší provázání mezi výzkumnými výsledky, demonstračními aktivitami a komerčním využitím. Pokud chybí dostatečný počet pilotních projektů, testovacích kapacit, průmyslových partnerů, dlouhodobých odběratelů a finančních nástrojů pro rizikovější fáze vývoje, zůstává část výsledků VaV obtížně převoditelná do praxe. Tento problém je zvláště citlivý pro MSP a startupy, které mohou

přinášet specializované inovace, ale často nemají kapacitu samostatně překonat fázi mezi vývojem, certifikací, referenčním projektem a tržním uplatněním. [3], [7]

Z pohledu Akčního plánu je proto nutné chápat současný stav českého vodíkového VaV prostředí jako kombinaci relevantního odborného potenciálu a systémových omezení. Silné stránky vytvářejí základ pro další rozvoj, ale samy o sobě nezaručují širší průmyslové uplatnění. K tomu bude nezbytné posilovat testovací a demonstrační infrastrukturu, podporovat spolupráci výzkumu s průmyslem, zlepšovat přístup MSP a startupů k pilotním projektům, rozvíjet kompetence v oblasti digitalizace, certifikace a bezpečnosti a lépe propojovat domácí aktivity s evropskými programy a hodnotovými řetězci.

Právě proto bude v dalších částech Akčního plánu nutné věnovat zvláštní pozornost systémovým bariérám, které rozvoj VaV a jeho přenos do praxe omezují. Kapitola 6 tak ukazuje, že výzkumně-vývojové prostředí v České republice představuje důležitý předpoklad rozvoje vodíkového sektoru, avšak jeho skutečný dopad bude záviset na schopnosti převádět odborné kapacity do ověřených technologií, průmyslových aplikací, nových služeb a funkčních inovačních partnerství.

Tabulka 12: Silné stránky a hlavní limity českého VaV prostředí v oblasti vodíku

Oblast	Silné stránky	Hlavní limity
Odborná základna	existující výzkumné organizace, technická pracoviště a odborné know-how	menší rozsah aktivit oproti vyspělejším evropským ekosystémům
Tematické zaměření VaV	pokrytí výroby vodíku, materiálů, bezpečnosti, infrastruktury a digitalizace	užší záběr a nižší intenzita projektů v porovnání s širším evropským prostředím
Propojení s praxí	dílčí projekty s vazbou na provozní realitu a infrastrukturu	slabší návaznost mezi výzkumem, demonstrací a komercializací
Testování a demonstrace	existence dílčích technických a aplikačních kapacit	omezená dostupnost robustních testbedů, pilotních provozů a sdílené infrastruktury
MSP a startupy	potenciál specializovaných inovací, komponent, služeb a digitálních řešení	omezené kapacity pro financování, certifikaci, pilotní ověření a škálování
Mezinárodní zapojení	vazba na evropské programy, konsorcia a výzkumné iniciativy	potřeba silnější specializace a systematictějšího zapojení do demonstračních aktivit
Dopad na hodnotové řetězce	možnost zapojení do komponent, podpůrných systémů, měření, bezpečnosti a integrace	riziko, že část přidané hodnoty zůstane mimo ČR, pokud nebude posílena domácí absorpční kapacita

Zdroj: vlastní zpracování HYTEP na základě podkladové studie PwC, studie EGU a dotazníkových šetření. [3], [4], [7]

7. Systémové bariéry pro podporu od výzkumně-vývojových aktivit až po malé a střední podniky v oblasti vodíkových technologií

Analýza dosavadního stavu ukazuje, že hlavní omezení rozvoje vodíkových technologií v České republice nespočívají pouze v jednotlivých technických problémech nebo v nedostatku dílčích projektů. Podstatou problému je spíše souběh několika systémových bariér, které se navzájem zesilují a ztěžují přechod od výzkumných a pilotních aktivit k širšímu praktickému uplatnění technologií. Tento souběh se projevuje zejména v oblasti výzkumu a inovací, v přenosu výsledků do praxe, v podmínkách pro malé a střední podniky, v přístupu k investicím a financování, v digitální a datové připravenosti a v širším institucionálním a koordinačním rámci. [3], [4], [7]

Tato kapitola navazuje na předchozí části Akčního plánu, ale její zaměření je užší. Zatímco kapitola 5 shrnuje hlavní legislativní, technologické, ekonomické, tržní a infrastrukturní výzvy pro uplatnění vodíku v průmyslu, dopravě a energetice, kapitola 7 se soustředí na bariéry v systému podpory, které ovlivňují cestu od výzkumu a vývoje přes testování, demonstraci a transfer až po zapojení MSP a startupů do praktických projektů. Cílem tedy není znovu popisovat obecné překážky rozvoje trhu, ale ukázat, kde systém podpory neumožňuje dostatečně plynulý přechod od znalostí a technologií k jejich využití v praxi.

Systémový charakter těchto bariér je důležitý i z hlediska další struktury Akčního plánu. Nejde jen o to popsat, že některé subjekty postrádají kapitál, jiné know-how a další vhodné regulatorní nebo technické podmínky. Podstatné je, že tyto problémy nevznikají izolovaně. Slabá poptávka snižuje ochotu investovat, nízká investiční aktivita omezuje rozsah pilotních a demonstračních projektů, nedostatek pilotních projektů brzdí transfer výsledků výzkumu do praxe a slabší přenos do praxe dále omezuje motivaci podniků, MSP i investorů vstupovat do sektoru. Bariéry proto nelze chápat jako samostatné seznamy problémů, ale jako navzájem propojený systém překážek, který je třeba řešit koordinovaně.

Kapitola proto nejprve shrnuje hlavní systémové bariéry v oblasti výzkumu a inovací, transferu výsledků do praxe, podmínek pro MSP, financování, digitalizace a institucionální koordinace. Následně samostatně doplňuje dvě oblasti vyžadované projektovým rámcem OP TAK: investiční potřeby sektoru a chybějící dovednosti a kompetence malých a středních podniků. Tím vytváří přímý analytický základ pro návrhovou část Akčního plánu, která bude zaměřena na opatření podporující rozvoj vodíkových technologií, posílení inovačního ekosystému a lepší zapojení českých subjektů do hodnotových řetězců.

7.1 Bariéry ve výzkumu a inovacích

České prostředí disponuje relevantní výzkumnou základnou, avšak bariérou zůstává omezená schopnost tuto základnu stabilně rozvíjet a systematicky převádět do technologické a inovační výhody. Problém nespočívá pouze v počtu výzkumných organizací nebo projektů, ale zejména v jejich fragmentaci, omezenější návaznosti na

průmyslové potřeby a v nedostatečně rozvinuté infrastruktuře pro testování, ověřování a škálování technologií. Zahraniční praxe shrnutá v podkladové studii PwC ukazuje, že úspěšné vodíkové ekosystémy stojí mimo jiné na dostupnosti testbedů, certifikačních kapacit, sdílených laboratoří a demonstračních linek, které pomáhají zkracovat cestu od nižších úrovní technologické připravenosti k reálnému nasazení. České prostředí má v této oblasti dílčí kapacity, ale v systémovém srovnání zůstává méně rozvinuté. [3]

Jednou z hlavních bariér je tematická i institucionální roztržičnost. Vodíkové technologie jsou mezioborové a propojují energetiku, chemii, materiálový výzkum, strojírenství, digitalizaci, bezpečnost, certifikaci, datové řízení a průmyslovou integraci. Pokud však tyto oblasti nejsou dostatečně propojené v rámci funkčního inovačního ekosystému, dochází k tomu, že jednotlivé výzkumné aktivity existují vedle sebe, ale nevytvářejí dostatečně silný celek schopný generovat větší demonstrační nebo aplikační projekty. To snižuje efekt veřejné podpory i schopnost českých subjektů vstupovat do robustnějších mezinárodních partnerství a konsorcií.

Další bariérou je omezená dostupnost infrastruktury pro testování, validaci a demonstraci. V oblasti vodíkových technologií je tento problém obzvláště významný, protože řada řešení vyžaduje ověření v bezpečnostně, provozně a technicky náročných podmínkách. Nestačí tedy pouze laboratorní výsledek nebo dílčí prototyp. Pro posun směrem k aplikaci jsou nutné testovací kapacity, provozní data, certifikační postupy, možnost ověřit kompatibilitu s dalšími prvky systému a zapojení průmyslového partnera. Pokud tyto mezistupně chybí nebo jsou dostupné jen omezeně, zůstává část výzkumu obtížně převoditelná do praxe.

Za důležitou systémovou bariéru lze považovat i omezenou kontinuitu mezi výzkumem a následnou inovační podporou. Výzkumné projekty sice mohou generovat relevantní výsledky, avšak pokud na ně nenavazují dostupné testovací kapacity, pilotní infrastruktura, vhodné demonstrační výzvy, komercializační nástroje nebo jasná cesta k průmyslovému partnerovi, zůstávají výsledky často ve fázi dílčího odborného výstupu. Tím se oslabuje návratnost veřejné podpory i motivace výzkumných týmů orientovat se na aplikaci. Tento problém je obzvláště významný v deep-tech oborech, kde je přechod mezi laboratorní validací a tržním nasazením časově, finančně i organizačně náročný. [3], [7]

Bariérou je také omezené propojení výzkumné specializace s dlouhodobou průmyslovou poptávkou. Pokud nejsou výzkumná témata dostatečně navázána na potřeby průmyslových odběratelů, technologických firem nebo připravovaných demonstračních projektů, hrozí, že výzkumné výsledky nebudou odpovídat konkrétním aplikačním požadavkům. V oblasti vodíku je tento problém zesílen tím, že trh je zatím v rané fázi a poptávka po některých řešeních není dostatečně stabilní. Výzkumné organizace tak často pracují v prostředí, kde je obtížné odhadnout, která řešení budou mít v krátkodobém nebo střednědobém horizontu skutečný komerční potenciál.

Z pohledu Akčního plánu je proto klíčové posilovat nejen samotné výzkumné projekty, ale i celé prostředí, které umožňuje jejich návaznost na inovace. To zahrnuje lepší propojení výzkumných organizací s podniky, rozvoj sdílených testovacích a demonstračních kapacit,

podporu multidisciplinárních projektů, zapojení MSP do aplikačně orientovaného výzkumu a návaznost na evropské programy a partnerství. Bez těchto prvků zůstane výzkumná základna důležitým, ale nedostatečně využitým předpokladem rozvoje vodíkového sektoru.

7.2 Bariéry v přenosu výsledků do praxe

Přenos výsledků výzkumu do praxe představuje v českém vodíkovém sektoru jednu z klíčových slabin. Samotná existence výzkumných aktivit ještě nezaručuje, že se výsledky promění v ověřené produkty, funkční prototypy, demonstrační provozy nebo komerčně využitelná řešení. Problém se projevuje zejména v prostoru mezi výzkumnou a aplikační fází, tedy tam, kde je třeba nést vyšší technologické i investiční riziko, zajistit provozní ověření a současně začít řešit otázky certifikace, bezpečnosti, bankovatelnosti, ochrany duševního vlastnictví a obchodního modelu.

Tato mezifáze bývá pro vodíkové technologie obzvlášť náročná. Vodíková řešení často vyžadují ověření v reálných nebo alespoň provozně blízkých podmínkách, napojení na další části technologického řetězce, splnění bezpečnostních požadavků, dostupnost provozních dat a důvěryhodného průmyslového partnera. Výsledek výzkumu proto nelze jednoduše převést do praxe pouze tím, že je technicky funkční v laboratorním prostředí. Rozhodující je, zda může být ověřen, certifikován, integrován do systému a následně nabídnut zákazníkům v podobě, která odpovídá jejich technickým, provozním a ekonomickým požadavkům.

Zahraniční zkušenost popsaná v podkladové studii PwC ukazuje, že úspěšné ekosystémy mají v této oblasti k dispozici funkční podpůrné mechanismy: standardizované rámce pro práci s duševním vlastnictvím, aktivní roli kanceláří pro transfer technologií, sdílené demonstrační kapacity, otevřenější přístup k infrastruktuře a častější spolupráci mezi výzkumnými pracovišti a průmyslovými partnery. V českém prostředí jsou tyto prvky přítomny jen částečně a ne vždy vytvářejí souvislou cestu od vývoje ke komercializaci. To vede k tomu, že řada subjektů zvládne vyvinout dílčí technologii nebo expertní řešení, ale jen obtížně jej dovede do fáze, kde je možné jej škálovat, licencovat nebo stabilně nabízet na trhu. [3]

Výraznou překážkou je také omezená dostupnost pilotních a demonstračních projektů, na nichž by bylo možné řešení ověřovat v reálných podmínkách. Bez tohoto kroku nelze dostatečně ověřit technickou spolehlivost, provozní náklady, bezpečnostní parametry, kvalitu dat ani chování technologie v integraci s ostatními částmi systému. Pro menší inovační firmy je přitom takový pilot často jedinou reálnou cestou, jak získat reference, data, důvěru trhu a schopnost jednat s většími průmyslovými partnery nebo investory. Pokud je však prostředí schopné generovat jen malý počet pilotních aplikací, zůstává transfer výsledků omezený a pomalý.

Bariérou je i slabší vazba mezi výzkumnými výsledky a potřebami konečných odběratelů. V prostředí, kde poptávka po vodíkových technologiích zatím není dostatečně silná a stabilní, je složitější vytvářet projekty, které by od počátku vznikaly s jasným aplikačním partnerem, definovaným tržním cílem a reálnou cestou k budoucímu odběru. Tím se

přenos do praxe dále komplikuje a zvyšuje se riziko, že výzkumná aktivita zůstane oddělená od skutečných potřeb trhu.

Specifickým problémem je také nedostatečná připravenost některých subjektů na fázi komercializace. Ta vyžaduje jiný typ schopností než samotný výzkum: znalost zákaznických potřeb, přípravu obchodního modelu, práci s investory, ochranu a licencování know-how, splnění certifikačních požadavků, schopnost doložit technické parametry a kapacitu vstoupit do dodavatelských nebo průmyslových partnerství. Zejména u MSP a startupů může právě tato kombinace požadavků vytvářet významnou překážku mezi technickým nápadem a reálným tržním využitím. [3], [7]

Z pohledu Akčního plánu je proto přenos výsledků do praxe jednou z oblastí, kde je třeba posilovat celý podpůrný řetězec. Nestačí podporovat pouze vznik nových výzkumných výsledků. Stejně důležité je podporovat jejich ověření, demonstraci, certifikaci, propojení s průmyslovým partnerem, ochranu duševního vlastnictví, práci s daty a návaznost na investiční a obchodní model. Bez těchto prvků bude české prostředí sice schopné generovat odborné výstupy, ale jen omezeně je převádět do technologií, produktů a služeb využitelných ve vodíkovém hospodářství.

7.3 Bariéry pro malé a střední podniky

Malé a střední podniky představují ve vodíkovém sektoru důležitý zdroj technologické flexibility, specializace a inovační dynamiky. Mohou působit jako dodavatelé komponent, senzory, digitálních subsystémů, řídicích řešení, bezpečnostních prvků, inženýrských služeb nebo specializovaných aplikací. Zároveň však čelí specifickým omezením, která jejich rozvoj zpomalují více než u větších průmyslových hráčů. Podkladová studie PwC a dotazníková šetření ukazují, že bariéry MSP se týkají především financování, technologické absorpční kapacity, digitalizace, know-how, regulační zátěže, certifikace a dostupnosti expertů. [3], [7]

Jedním z hlavních problémů je omezená kapitálová a personální kapacita. MSP často nemají dostatek vlastních zdrojů na dlouhodobý technologický vývoj, opakované testování, certifikaci, ochranu duševního vlastnictví ani provozní ověřování nových řešení. Současně bývají citlivější na zpoždění projektů, změny podpůrných podmínek nebo nejasnosti v regulačním rámci. To omezuje jejich schopnost nést riziko spojené s vývojem, vstupem do nového sektoru a účastí na větších demonstračních nebo průmyslových projektech.

Závažnou bariérou je také administrativní a certifikační náročnost. Menší firmy zpravidla nemají specializované interní týmy pro dotační management, právní podporu, práci s duševním vlastnictvím, certifikaci, standardizaci nebo detailní orientaci v evropských a národních pravidlech. Náklady na zvládnutí těchto oblastí jsou proto v poměru k velikosti projektu relativně vysoké. Podkladová studie PwC proto mezi doporučení řadí poradenská centra pro IP management, komunikační ekosystém pro MSP a větší podporu viditelnosti menších firem ve vodíkovém sektoru. [3]

Další bariérou je omezený přístup ke sdílené infrastruktuře a k partnerům, kteří by umožnili ověřit a dále rozvinout technologii. MSP mohou přicházet s inovativními komponentami, digitálními subsystémy, řídicími řešeními nebo specializovanými službami, ale bez přístupu k testbedům, pilotním projektům, demonstračním partnerům a silnějším průmyslovým integrátorům zůstává jejich schopnost škálovat omezená. Tím se zvyšuje riziko, že technicky zajímavá řešení zůstanou v rané fázi vývoje nebo se neuplatní v dodavatelských řetězcích.

Specifickým problémem MSP je také jejich slabší vyjednávací pozice vůči větším průmyslovým subjektům, investorům nebo zahraničním technologickým partnerům. V prostředí, kde je vodíkový trh zatím v rané fázi, je pro menší firmy obtížné získat referenční zakázky, vstoupit do konsorcií, doložit schopnost dodávek ve větším měřítku nebo přesvědčit odběratele o dlouhodobé spolehlivosti řešení. To omezuje jejich viditelnost a snižuje pravděpodobnost, že budou včas zapojeny do větších projektů.

Významnou bariérou je rovněž digitální a datová připravenost. Vodíkové technologie budou stále více vyžadovat schopnost pracovat s provozními daty, certifikačními údaji, interoperabilitou, kybernetickou bezpečností a digitální dokumentací technických parametrů. Pro mnoho MSP to znamená, že vedle samotné technologie musí zvládnout i datovou, regulatorní a systémovou integraci. Pokud tyto schopnosti chybí, omezuje to možnost jejich zapojení do projektů, které budou vyžadovat auditovatelnost, certifikaci, bezpečnostní reporting nebo provozní transparentnost.

Právě zde se ukazuje, že bariéry MSP nejsou pouze individuální, ale systémové. Neodrážejí jen velikost jednotlivých firem, ale také stav celého ekosystému: dostupnost testovací infrastruktury, kvalitu poradenství, přístup k financování, existenci průmyslových partnerů, úroveň koordinace a schopnost vytvářet projekty, v nichž mohou menší firmy bezpečně nést přiměřenou část rizika. Z pohledu Akčního plánu je proto klíčové, aby podpora MSP nebyla omezena pouze na dotace, ale zahrnovala také přístup ke sdíleným kapacitám, partnerství, certifikaci, viditelnost, data, kompetence a napojení na hodnotové řetězce.

7.4 Investiční a finanční bariéry

Financování představuje jednu z nejvýznamnějších systémových bariér napříč celým vodíkovým řetězcem. Netýká se pouze velkých infrastrukturních nebo výrobních projektů, ale i ranějších fází výzkumu, demonstrací, start-upového růstu a škálování malých a středních podniků. Podkladová studie PwC opakovaně identifikuje nedostatek investičního potenciálu, vysokou finanční náročnost projektů a slabou poptávku jako hlavní překážky rozvoje v oblasti výroby obnovitelného vodíku. Stejně okruhy se objevují i v dotazníkovém šetření, kde mezi významnými bariérami figurují nedostatek investičního potenciálu, legislativní bariéry, nedostatečná poptávka, vysoká finanční náročnost a nedostatek expertů. [3], [7]

Investiční problém má několik vrstev. První je samotná kapitálová náročnost vodíkových technologií, zejména tam, kde je třeba financovat nejen hlavní technologické zařízení, ale i doprovodnou infrastrukturu, podpůrné systémy zařízení, bezpečnostní prvky, datové

systemy, certifikaci, projektovou přípravu a dlouhé období testování. Druhou vrstvou je nízká bankovatelnost projektů v prostředí slabé nebo nejisté poptávky. Třetí vrstvou je složitost přechodu mezi veřejnou podporou a komerčním financováním: řada projektů se nachází v pásmu, kde už nestačí grantová logika, ale zároveň ještě nevznikly podmínky pro standardní tržní financování.

Významnou bariérou je také rizikovost fáze mezi výzkumem, pilotním ověřením a komerčním nasazením. V této fázi již často vznikají náklady, které přesahují běžný výzkumný rozpočet, ale projekt ještě nemusí mít dostatečné provozní reference, stabilní odběratele, doloženou životnost technologie nebo jasný obchodní model. Právě zde vzniká investiční mezera, která je typická pro deep-tech oblasti: technologie může být odborně slibná, ale pro investory stále příliš riziková a pro grantové nástroje již příliš blízká trhu.

Pro malé a střední podniky je situace ještě obtížnější, protože kromě omezeného přístupu ke kapitálu často postrádají i dostatečné zázemí pro finanční modelování, vyjednávání s investory, strukturování větších projektů a přípravu bankovatelných podnikatelských plánů. Podkladová studie PwC proto samostatně rozebírá dotace, úvěrové financování, investorské financování i model start-upového financování, což ukazuje, že problém není jen v absenci jednoho vhodného nástroje, ale v celé finanční architektuře sektoru. [3]

Další bariérou je roztříštěnost podpůrných nástrojů a jejich časová nebo tematická nespojitost. Vodíkové projekty často potřebují kombinovat různé zdroje financování v různých fázích: výzkumný grant, podporu testování, prostředky na pilotní provoz, investici do škálování, provozní podporu nebo nástroj pro snížení tržního rizika. Pokud tyto nástroje na sebe nenavazují, vznikají mezery, ve kterých se projekty zastavují nebo zpomalují. Tento problém je obzvláště významný pro MSP a startupy, které nemají dostatečnou rezervu k překlenutí období mezi jednotlivými zdroji podpory.

Investiční bariéry jsou navíc úzce spojeny s ostatními systémovými problémy. Pokud je regulatorní rámec nestabilní, poptávka slabá, testovací infrastruktura omezená a transfer výsledků do praxe pomalý, stává se financování ještě rizikovější. Finanční bariéra tedy není pouze otázkou nedostatku peněz, ale výsledkem celkové míry nejistoty, kterou sektor navenek vytváří. Čím méně je trh předvídatelný, tím vyšší je požadovaná návratnost, riziková přírážka a opatrnost investorů.

Z pohledu Akčního plánu je proto nutné chápat investiční a finanční bariéry jako průřezové. Řešení nespočívá pouze v navýšení objemu podpory, ale také ve zlepšení návaznosti mezi jednotlivými nástroji, v podpoře investiční připravenosti projektů, ve vytváření referenčních pilotních a demonstračních projektů, v lepší práci s rizikem a v propojování MSP, výzkumných organizací, průmyslových partnerů, finančních institucí a veřejných programů podpory.

7.5 Digitální a datové bariéry

Ačkoli se o vodíkovém sektoru často mluví především jako o technologickém, energetickém nebo průmyslovém tématu, významnou systémovou bariéru představuje také digitální a datová nepřipravenost. Vodíkové projekty budou stále více záviset nejen

na fyzické infrastruktuře, ale také na schopnosti řídit provoz, sbírat a vyhodnocovat data, prokazovat původ a emisní parametry vodíku, zajistit interoperabilitu mezi jednotlivými články hodnotového řetězce a chránit propojené systémy proti kybernetickým rizikům. Digitální rovina proto není doplňková, ale strukturální.

Digitální bariéry se projevují zejména ve čtyřech vzájemně propojených oblastech. První je řízení výroby a provozu, kde jsou stále důležitější pokročilé monitorovací, optimalizační a prediktivní systémy. Druhou je certifikace a dohledatelnost dat, protože budoucí důvěryhodnost trhu bude záviset na schopnosti prokazovat parametry, původ, emisní profil a způsob výroby vodíku. Třetí je interoperabilita systémů a standardizace dat mezi výrobcem, distributorem, odběratelem, certifikačními orgány a případně veřejnou správou. Čtvrtou oblastí je kybernetická bezpečnost, která se s rostoucí digitalizací provozu stává nedílnou součástí technologické spolehlivosti, bezpečnosti a důvěryhodnosti trhu.

Z pohledu systémových bariér je důležité, že digitální připravenost se netýká pouze samotných elektrolyzérů nebo výrobních zařízení. Zasahuje celý řetězec od výroby přes skladování, distribuci a koncové využití až po obchodování, reporting a certifikaci. Pokud nejsou data o výrobě, spotřebě, původu, emisní stopě, kvalitě plynu nebo provozních parametrech spolehlivě evidována a přenositelná mezi jednotlivými aktéry, vzniká riziko, že fyzicky funkční projekt nebude dostatečně důvěryhodný z hlediska trhu, regulace nebo podpůrných mechanismů. [2], [3], [5], [6], [8], [9], [10], [11]

Pro MSP a menší inovační firmy je právě tato digitální rovina často zvláště náročná, protože vyžaduje kombinaci procesního, IT, regulatorního, bezpečnostního a inženýrského know-how. Pokud se navíc standardy a očekávání teprve formují, rostou náklady na orientaci a adaptaci. Menší firmy pak nemusí narážet pouze na nedostatek kapitálu nebo testovacích kapacit, ale také na omezenou schopnost splnit datové, certifikační a kyberbezpečnostní požadavky, které budou pro budoucí trh stále důležitější.

Digitální bariéra se tak stává součástí širší absorpční bariéry vodíkového sektoru. Nestačí mít inovativní technologii; je třeba ji umět provozně řídit, datově doložit, certifikovat, bezpečně integrovat a zapojit do systému, který bude regulatorně i tržně důvěryhodný. To platí jak pro výrobce a provozovatele vodíkových zařízení, tak pro dodavatele komponent, softwaru, měřicích systémů, služeb a navazujících integračních řešení.

Z pohledu Akčního plánu je proto nutné digitální a datové bariéry chápat jako průřezové téma. Jejich řešení vyžaduje nejen technické nástroje, ale také standardy, metodiky, vzdělávání, poradenskou podporu, sdílení dobré praxe a zapojení MSP do projektů, kde si mohou digitální a certifikační požadavky prakticky ověřit. Bez této podpory může digitalizace místo akcelérátoru rozvoje působit jako další vstupní bariéra pro menší podniky a nové technologické subjekty.

7.6 Institucionální a koordinační bariéry

Vedle technologií, financí a digitalizace existují také institucionální a koordinační bariéry. Ty spočívají zejména v tom, že vodíkový sektor je svou povahou meziresortní a

mezioborový, zatímco podpůrné a rozhodovací mechanismy bývají často rozdělené podle jednotlivých agend, typů financování nebo institucionálních kompetencí. To může vést k nižší přehlednosti podpory, slabší návaznosti nástrojů a k tomu, že mezi strategickými cíli, výzkumnými prioritami, podpůrnými programy a reálnou implementací vznikají mezery.

Vodíkové projekty se obvykle dotýkají více oblastí současně: energetiky, průmyslu, dopravy, životního prostředí, bezpečnosti, výzkumu, regionálního rozvoje, digitalizace a veřejné podpory. Pokud nejsou tyto oblasti dostatečně koordinovány, může docházet k situaci, kdy jeden prvek systému podporuje rozvoj projektu, zatímco jiný jej zdržuje nebo vytváří nejistotu. Typicky se to může projevit v návaznosti mezi strategickými dokumenty, dostupností podpůrných nástrojů, povolovacími procesy, certifikačními pravidly, regionálními prioritami a připraveností odběratelů.

Institucionální bariérou je rovněž slabší kapacita pro dlouhodobou koordinaci mezi výzkumnými organizacemi, podniky, veřejnou správou, regionálními inovačními strukturami a podpůrnými institucemi. Pokud neexistuje dostatečně silný koordinační rámec, dochází k fragmentaci aktivit, nižší sdílenosti informací a obtížnějšímu vytváření větších synergických projektů. V praxi to znamená, že i kvalitní jednotlivé aktivity mohou mít menší dopad, než jakého by bylo možné dosáhnout v prostředí s lepší institucionální návazností, jasnější prioritizací a pravidelným sdílením poznatků mezi aktéry.

Specifickou výzvou je také propojení národní a regionální úrovně. Řada vodíkových projektů bude vznikat v konkrétních průmyslových lokalitách, dopravních uzlech nebo regionech s vhodnou kombinací výroby, odběru, infrastruktury a výzkumných kapacit. Pokud však regionální iniciativy nejsou dostatečně propojeny s národními prioritami, podpůrnými programy a regulatorním rámcem, může docházet k roztržitosti a k pomalejšímu vytváření kritické masy projektů. Koordinace proto musí zahrnovat nejen ministerstva a centrální instituce, ale také kraje, města, regionální inovační centra, průmyslové zóny a místní podnikatelské aktéry.

Důležitou roli v tomto prostředí mohou plnit technologické platformy a oborové asociace. Jejich přidaná hodnota spočívá v tom, že dokážou sbírat podněty od členů, identifikovat společné bariéry, zprostředkovávat komunikaci mezi podniky, výzkumem a veřejnou správou a formulovat odborně podložené návrhy opatření. V případě vodíkového sektoru je tato koordinační funkce obzvláště důležitá, protože řada bariér nevzniká uvnitř jednoho oboru, ale na rozhraní mezi technologiemi, regulací, trhem, financováním, infrastrukturou a kompetencemi.

Z pohledu Akčního plánu je proto nutné institucionální a koordinační bariéry chápat jako průřezové. Jejich řešení nespočívá pouze v přidání dalšího podpůrného programu, ale ve zlepšení návaznosti mezi existujícími nástroji, ve sdílení informací, v pravidelné komunikaci mezi klíčovými institucemi, v zapojení průmyslu a výzkumu do formulace priorit a v lepší koordinaci mezi strategickou, projektovou a implementační úrovní. Bez této koordinace může i dostatečně financovaný a technologicky připravený projekt narážet na systémové nesoulady, které zpomalují jeho realizaci.

7.7 Investiční potřeby rozvoje vodíkových technologií v České republice

Vedle samotných investičních a finančních bariér je nezbytné explicitně pojmenovat také investiční potřeby sektoru. Požadavky projektového rámce OP TAK předpokládají, že Akční plán zmapuje nejdůležitější investiční potřeby pro rozvoj a zavádění zelených a digitálních řešení v daném ekosystému, včetně klíčových aktérů z veřejných a soukromých institucí a podpůrné inovační infrastruktury. Současně má dokument navrhnout opatření, která pomohou tyto potřeby doplnit, se zvláštním důrazem na malé a střední podniky. [1]

Z hlediska vodíkových technologií lze za nejvýznamnější investiční potřeby považovat několik vzájemně propojených oblastí. První oblastí jsou investice do testovacích, validačních a demonstračních infrastruktur, tedy do testbedů, pilotních linek, bezpečnostních zkoušek, certifikačních kapacit a otevřených pracovišť umožňujících posun technologií z nižších úrovní technologické připravenosti do fáze pilotního nebo demonstračního nasazení. Právě tato infrastruktura je klíčová pro překonání mezery mezi výzkumem a komerčním využitím.

Druhou oblastí jsou investice do samotných technologických řešení. Patří sem zejména elektrolyzéry, podpůrné systémy zařízení, systémy úpravy a stlačení vodíku, skladovací technologie, měření, sensorika, bezpečnostní prvky a další součásti integrovaných vodíkových systémů. Tyto investice nejsou důležité pouze pro výrobu vodíku, ale také pro praktické propojení výroby s odběrem, skladováním, distribucí a koncovými aplikacemi. [4]

Třetí oblastí jsou investice do digitálních a datových nástrojů. Sem patří systémy řízení provozu, monitoringu, prediktivní údržby, práce s daty, dohledatelnosti, certifikace, interoperability a kybernetické bezpečnosti. Význam těchto investic bude růst s tím, jak bude vodík vstupovat do regulovaných trhů, podpůrných mechanismů a obchodních modelů, které budou vyžadovat spolehlivé doložení původu, emisního profilu a provozních parametrů. [2], [3], [5], [6]

Čtvrtou oblastí jsou investice do lidských zdrojů a rozvoje odborných kompetencí. Vodíkový sektor vyžaduje kombinaci znalostí z energetiky, chemie, strojírenství, bezpečnosti, digitalizace, certifikace, práva, financování a projektového řízení. Bez cíleného rozvoje těchto kompetencí bude obtížné připravovat, řídit a škálovat složitější vodíkové projekty. Tato potřeba je zvláště významná u malých a středních podniků, které často disponují dílčí technickou expertizou, ale nemají dostatečné kapacity pro komplexní projektovou, regulatorní a komerční přípravu. [3], [7]

Pátou oblastí jsou investice do kooperační a translační infrastruktury, tedy do prostředí, které propojuje výzkumné organizace, MSP, startupy, průmyslové partnery, investory a veřejnou správu. Nejde pouze o fyzickou infrastrukturu, ale také o podpůrné služby, mentoring, technologické poradenství, IP management, investiční přípravu, matchmaking a přístup ke sdíleným kapacitám. Potřeba otevřených testbedů, pilotních kapacit, certifikačních služeb a nástrojů pro rychlejší posun technologií z ranějších vývojových fází do pilotního a demonstračního nasazení se objevuje také v podkladové studii PwC. [3]

Z hlediska klíčových aktérů je třeba do investičního rámce zahrnout stát a jeho podpůrné instituce, kraje a regionální inovační struktury, výzkumné organizace a vysoké školy, technologické firmy, průmyslové podniky, finanční instituce a investory a dále technologické platformy a oborové asociace, které mohou plnit koordinační a mediační roli. Veřejný sektor má zásadní význam zejména pro rozvoj testovací a demonstrační infrastruktury, podporu pilotních projektů a snižování rizika raných technologických investic. Soukromý sektor je naopak klíčový pro následné škálování, integraci technologií do provozu a vytváření komerčně životaschopných obchodních modelů.

Z pohledu malých a středních podniků je zvláště důležité, aby investiční rámec nezůstal omezen pouze na velké infrastrukturní nebo průmyslové projekty. MSP potřebují dostupný přístup ke sdílené infrastruktuře, možnost zapojit se do demonstračních projektů, přístup k menším a flexibilnějším finančním nástrojům, podporu při certifikaci a lepší napojení na silnější průmyslové partnery a investory. Absorpční kapacita MSP je úzce spjata právě s dostupností technologické infrastruktury, podpůrných programů, kooperačních vazeb a investičního prostředí. [3], [7]

Na mapu investičních potřeb musí navazovat konkrétní opatření. Mezi prioritní kroky patří zejména podpora otevřených testovacích a validačních kapacit, rozvoj demonstračních projektů s účastí MSP, využívání kombinovaných finančních nástrojů pro snižování investičního rizika, rozvoj poradenství pro investiční připravenost projektů a cílené propojování technologických firem s investory, průmyslovými partnery a veřejnými programy podpory. Cílem není pouze zvýšit objem investic, ale zlepšit jejich strukturu a zaměřit je na ta místa hodnotového řetězce, která dnes představují hlavní úzká hrdla rozvoje sektoru.

Tabulka 13: Investiční potřeby vodíkového ekosystému v České republice

Investiční oblast	Příklady potřeb	Klíčovní aktéři
Testovací, validační a demonstrační infrastruktura	testbedy, pilotní linky, bezpečnostní zkoušky, certifikační kapacity, otevřená pracoviště	stát, výzkumné organizace, vysoké školy, technologické firmy, kraje, platformy
Technologická řešení a integrované systémy	elektrolyzéry, podpůrné systémy zařízení, komprese, skladování, měření, sensorika, bezpečnostní prvky	technologické firmy, průmyslové podniky, investoři, výzkumné organizace
Digitální a datové nástroje	řízení provozu, monitoring, prediktivní údržba, dohledatelnost, certifikace, interoperabilita, kyberbezpečnost	technologické firmy, softwarové firmy, provozovatelé projektů, certifikační subjekty
Lidské zdroje a odborné kompetence	školení, specializované kurzy, projektové řízení, bezpečnost, certifikace, regulatorní a investiční příprava	vzdělávací instituce, firmy, platformy, veřejná správa, regionální inovační centra
Kooperační a translační infrastruktura	mentoring, matchmaking, IP poradenství, investiční příprava, sdílená infrastruktura, napojení MSP na partnery	HYTEP, oborové asociace, výzkumné organizace, MSP, investoři, průmysloví partneři
Finanční nástroje pro rané a rizikové fáze	granty, zvýhodněné úvěry, kombinované financování, podpora pilotů, nástroje pro snížení rizika	stát, finanční instituce, investoři, veřejné podpůrné programy, průmysloví partneři

Zdroj: vlastní zpracování HYTEP na základě projektového rámce OP TAK, podkladové studie PwC, studie EGU a dotazníkových šetření. [1], [3], [4], [7]

7.8 Chybějící dovednosti a kompetence malých a středních podniků

Další oblastí, kterou je třeba v Akčním plánu explicitně doplnit, jsou chybějící dovednosti a kompetence malých a středních podniků. Požadavky projektového rámce OP TAK v této souvislosti předpokládají, že Akční plán navrhne konkrétní opatření a možnosti řešení chybějících dovedností a kompetencí, které jsou specifické pro MSP v daném odvětví. Nejde přitom pouze o obecný nedostatek technických znalostí, ale o kombinaci kompetencí technologických, digitálních, regulatorních, projektových, obchodních a investičních. [1]

Za významný kompetenční deficit lze považovat nedostatek zkušeností s přípravou a integrací vodíkových řešení do reálného provozu. Mnohé MSP disponují dílčí technickou expertizou, například v oblasti komponent, automatizace, sensoriky, softwaru nebo strojírenských řešení, ale nemají dostatečnou zkušenost s navrhováním a provozním ověřováním vodíkových systémů jako celku. Chybí jim znalost bezpečnostních požadavků, provozních režimů, vazby na certifikaci, kvalitu dat a integrační logiku celého řetězce od výroby přes skladování a distribuci až po koncové využití.

Podkladová studie PwC současně ukazuje, že pro úspěšné MSP a startupy je zásadní připravenost na certifikaci a audit, robustní kvalita dat, standardizace komponent a schopnost spolupracovat s odběrateli a průmyslovými partnery. To znamená, že kompetence potřebné pro zapojení do vodíkového ekosystému nejsou pouze technické, ale také procesní a obchodní. Firma musí být schopna doložit parametry svého řešení, komunikovat s partnery v dodavatelském řetězci, reagovat na požadavky zákazníků a připravit se na vstup do regulovaného nebo certifikačně náročného prostředí. [3], [7]

Samostatnou oblast představují digitální kompetence. Moderní vodíkové technologie jsou stále více spojeny s řízením provozu, datovými toky, prediktivní údržbou, certifikací a digitální interoperabilitou. Nestačí proto technická znalost samotného zařízení. Podniky potřebují také schopnost pracovat s daty, průmyslovým softwarem, monitorovacími a řídicími systémy, datovou dokumentací a požadavky na kybernetickou bezpečnost. Z podkladových materiálů vyplývá, že právě integrace digitalizace, práce s daty a datová i smluvní gramotnost patří mezi oblasti, ve kterých mohou menší firmy narážet na významná omezení. [3]

Dalším významným deficitem je nižší připravenost v oblasti komercializace a transferu technologií. Řada MSP postrádá zkušenost s ochranou duševního vlastnictví, s přípravou licenčních nebo kooperačních modelů, s prezentací technologie investorům, s finančním modelováním projektů a s vyjednáváním s většími průmyslovými partnery. Podkladová studie PwC proto doporučuje zřízení poradenských center specializovaných na IP management, práci s FTO analýzami, licencováním, smluvními rámci a strategickým řízením know-how. Vedle toho doporučuje také centrální komunikační a informační zázemí, které by zvýšilo viditelnost českých MSP a usnadnilo jim přístup k partnerům, investorům a otevřeným testovacím kapacitám. [3]

Významnou bariérou je také orientace v regulatorním a podpůrném prostředí. MSP často nemají dostatečné kapacity pro detailní sledování požadavků na certifikaci, dokumentaci parametrů technologií, auditovatelnost dat, pravidla veřejné podpory nebo návaznost na evropské a národní podpůrné rámce. To zvyšuje náklady vstupu do sektoru a prodlužuje přípravu projektů. Kompetenční deficit se tak netýká pouze technologií, ale i schopnosti orientovat se v podmínkách trhu, regulace, financování a veřejné podpory.

Pro úspěšné zapojení MSP do vodíkového ekosystému bude proto nezbytné rozvíjet cílené vzdělávací a školicí formáty zaměřené na bezpečnost a provoz vodíkových systémů, práci s daty a digitální integraci, certifikaci a regulatorní požadavky, přípravu projektů, investiční modelování a ochranu duševního vlastnictví. Vhodným nástrojem jsou

tematické workshopy, modulární školení, demonstrační dny, metodiky, praktické manuály a poradenské formáty zaměřené na konkrétní fáze rozvoje projektu.

Stejně důležité bude párování MSP s výzkumnými organizacemi, většími průmyslovými partnery, investory a provozovateli demonstračních projektů. Významná část kompetencí totiž nevzniká pouze formálním školením, ale přímým zapojením do společných projektů, pilotních aktivit a dodavatelských partnerství. Z pohledu Akčního plánu je proto třeba chápat rozvoj dovedností nejen jako vzdělávací úkol, ale jako součást širší podpory transferu, investiční připravenosti a zapojení MSP do hodnotových řetězců.

Tabulka 14: Chybějící dovednosti a kompetence MSP v oblasti vodíkových technologií

Kompetenční oblast	Co MSP často chybí	Doporučený typ podpory
Technická integrace vodíkových systémů	zkušenost s návrhem, provozním ověřením a integrací vodíkových řešení do celého řetězce	demonstrační projekty, technický mentoring, přístup k testbedům a pilotním kapacitám
Bezpečnost a provoz	znalost bezpečnostních požadavků, provozních režimů, měření, detekce úniků a řízení rizik	praktická školení, metodiky, demonstrační dny, zapojení do pilotních projektů
Certifikace a regulační požadavky	orientace v certifikaci, auditovatelnosti dat, dokumentaci parametrů a pravidlech podpory	poradenské služby, certifikační workshopy, metodické manuály, kontaktní místa
Digitalizace a data	práce s provozními daty, interoperabilitou, řídicími systémy, prediktivní údržbou a kyberbezpečností	modulární školení, digitální metodiky, sdílení dobré praxe, spolupráce se softwarovými partnery
Duševní vlastnictví a komercializace	IP strategie, FTO analýzy, licencování, smluvní modely, prezentace technologie investorům	IP poradenská centra, mentoring, vzorové smluvní rámce, matchmaking s investory
Investiční a projektová připravenost	finanční modelování, příprava bankovatelných projektů, strukturování projektů a práce s veřejnou podporou	investiční poradenství, projektové workshopy, propojení s finančními institucemi a průmyslovými partnery
Viditelnost a partnerství	přístup k odběratelům, průmyslovým integrátorům, konsorciím a referenčním projektům	komunikační platforma, matchmaking, katalog firem, zapojení do evropských a domácích projektů

Zdroj: vlastní zpracování HYTEP na základě projektového rámce OP TAK, podkladové studie PwC a dotazníkových šetření. [1], [3], [7]

7.9 Shrnutí systémových bariér

Systémové bariéry rozvoje vodíkových technologií v České republice lze shrnout jako kombinaci několika navzájem provázaných problémových okruhů: omezenější výzkumné a inovační infrastruktury, slabšího transferu výsledků do praxe, specifických omezení malých a středních podniků, nedostatečně příznivých investičních podmínek, digitální a datové nepřipravenosti a ne zcela rozvinutého institucionálního a koordinačního rámce. Žádná z těchto bariér sama o sobě nevysvětluje pomalejší tempo rozvoje sektoru. Rozhodující je jejich souběh a vzájemné zesilování. [3], [4], [7]

Systémový problém spočívá zejména v tom, že jednotlivé bariéry vytvářejí uzavřený kruh. Omezená testovací a demonstrační infrastruktura zpomaluje přenos výsledků výzkumu do praxe. Slabší transfer omezuje vznik referenčních projektů a snižuje důvěru investorů i průmyslových odběratelů. Nedostatek investic a nejistá poptávka brzdí zapojení MSP a startupů. Nedostatečné digitální, certifikační a koordinační kapacity pak dále zvyšují náklady a komplikují vznik důvěryhodných projektů. Právě proto nelze bariéry řešit odděleně, ale pouze jako součást provázaného systému podpory.

Z hlediska Akčního plánu je důležité, že systémové bariéry nejsou pouze překážkou pro jednotlivé firmy nebo výzkumné organizace. Ovlivňují celý ekosystém: schopnost připravovat projekty, ověřovat technologie, zapojovat MSP do hodnotových řetězců, přitahovat investice, vytvářet důvěryhodná data, rozvíjet kompetence a koordinovat aktéry napříč veřejným, výzkumným a soukromým sektorem. Jejich řešení proto vyžaduje souběžnou práci s infrastrukturou, financováním, kompetencemi, digitalizací, transferem a institucionální koordinací.

Právě proto musí na tuto kapitolu navazovat opatření, která nebudou řešit pouze jednotlivé symptomy, ale budou mířit na celý systém podpory od výzkumu a demonstrací až po financování, digitalizaci, rozvoj kompetencí a koordinaci mezi aktéry. V tom spočívá hlavní smysl následující kapitoly, která převede identifikované bariéry a potřeby do návrhu konkrétních opatření.

Tabulka 15: Systémové bariéry a jejich dopad na rozvoj vodíkových technologií

Bariéra	Jak se projevuje	Dopad na VaV, MSP a komercializaci
Bariéry ve výzkumu a inovacích	fragmentace výzkumného prostředí, omezená testovací a demonstrační infrastruktura, slabší návaznost na průmyslové potřeby	snižují schopnost převádět odbornou základnu do technologické výhody a praktických aplikací
Bariéry v přenosu výsledků do praxe	slabá vazba mezi výzkumem, pilotním ověřením, demonstrací, certifikací a komerčním využitím	zpomalují převod výzkumných výsledků do produktů, služeb a průmyslových aplikací

Bariéra	Jak se projevuje	Dopad na VaV, MSP a komercializaci
Bariéry pro MSP	omezené finanční a personální kapacity, regulatorní a certifikační zátěž, slabší přístup k testbedům, partnerům a větším projektům	omezují schopnost MSP škálovat inovace, získávat reference a zapojovat se do hodnotových řetězců
Investiční a finanční bariéry	vysoká kapitálová náročnost, nízká bankovatelnost, investiční mezera mezi výzkumem a trhem, roztržitost podpůrných nástrojů	omezují pilotní a demonstrační projekty, škálování MSP a přechod technologií do komerční fáze
Digitální a datové bariéry	nedostatečná interoperabilita dat, slabší připravenost na certifikaci, reporting, provozní řízení a kyberbezpečnost	omezují důvěryhodnost trhu, zvyšují vstupní náklady MSP a komplikují zapojení technologií do regulovaných hodnotových řetězců
Institucionální a koordinační bariéry	roztržitost agend, slabší návaznost podpůrných nástrojů, omezená koordinace mezi veřejnou správou, výzkumem, podniky a regiony	snižují efekt jednotlivých aktivit, komplikují tvorbu synergických projektů a zpomalují implementaci opatření
Investiční potřeby sektoru	potřeba testbedů, pilotních kapacit, digitálních nástrojů, kompetencí, translační infrastruktury a flexibilních finančních nástrojů	ukazují, kam musí směřovat podpora, aby bylo možné překonat mezery mezi výzkumem, demonstrací a trhem
Chybějící dovednosti a kompetence MSP	nedostatek zkušeností s integrací, bezpečností, certifikací, daty, IP, investiční přípravou a partnerstvími	omezuje absorpční kapacitu MSP a jejich schopnost účastnit se složitějších vodíkových projektů

Zdroj: vlastní zpracování HYTEP na základě podkladové studie PwC, studie EGU a dotazníkových šetření. [3], [4], [7]

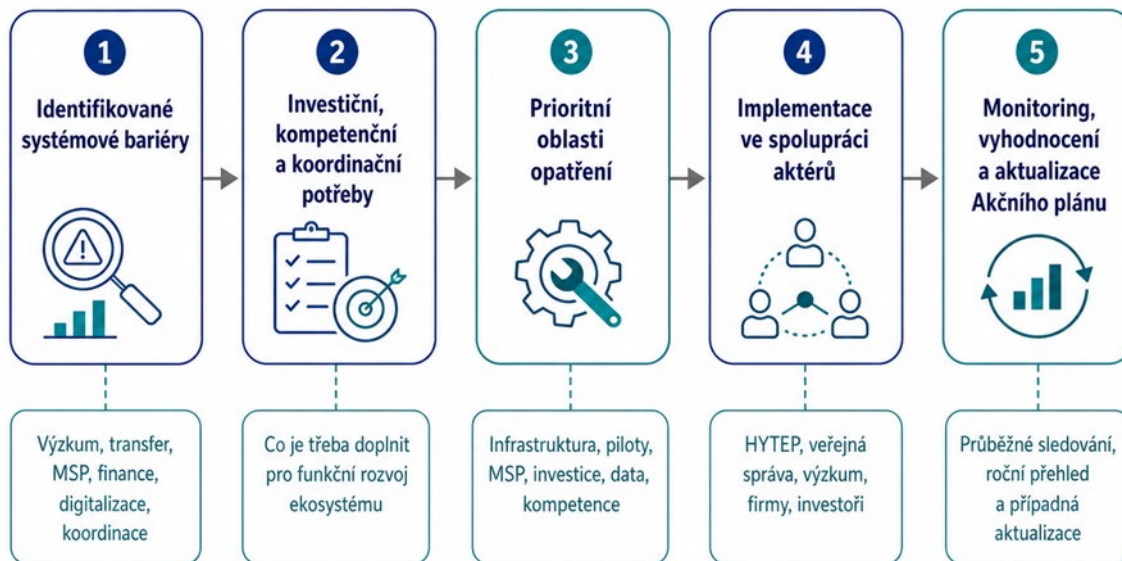
8. Návrh opatření pro řešení systémových bariér v oblasti podpory vodíkových technologií

Návrh opatření vychází ze zjištění předchozích kapitol, zejména z identifikovaných systémových bariér, které zpomalují rozvoj vodíkových technologií v České republice. Smyslem této kapitoly není vytvořit obecný seznam žádoucích kroků, ale navrhnout taková opatření, která odpovídají reálným potřebám sektoru, jsou navzájem provázaná a mohou přispět k posílení celého ekosystému od výzkumu a demonstrací až po širší aplikační využití. Návrh proto nesměřuje pouze na jednotlivé typy aktérů, ale především na kvalitu prostředí, ve kterém se vodíkové technologie vyvíjejí, testují, financují, certifikují a zavádějí do praxe. [3], [4], [7]

Základní logikou kapitoly je, že rozvoj vodíkového sektoru nelze podpořit jedním izolovaným nástrojem. Pokud mají být překonány hlavní bariéry identifikované v předchozí části dokumentu, je třeba kombinovat opatření zaměřená na výzkumnou a inovační infrastrukturu, přenos výsledků do praxe, podporu malých a středních podniků, investiční podmínky, digitální a certifikační připravenost, rozvoj kompetencí a institucionální koordinaci. Právě tato kombinace určí, zda bude české prostředí schopno přejít od dílčích aktivit a pilotních řešení k systematičtějším rozvoji vodíkových technologií.

Navrhovaná opatření je třeba chápat jako koordinační a implementační rámec, nikoli jako závazný investiční plán jednotlivých subjektů. Některá opatření mohou být realizována přímo prostřednictvím aktivit platformy HYTEP, zejména v oblasti koordinace, komunikace, síťování, vzdělávání, sběru podnětů a formulace odborných doporučení. Jiná opatření budou vyžadovat součinnost veřejné správy, výzkumných organizací, podniků, investorů, regionálních struktur nebo evropských programů podpory. Role platformy proto spočívá především v identifikaci potřeb, propojování aktérů, odborném zprostředkování a podpoře návaznosti mezi bariérami, projektovými záměry a dostupnými nástroji podpory.

Kapitola navazuje na logiku systémových bariér popsanych v kapitole 7. Opatření proto nejsou řazena nahodile, ale odpovídají hlavním oblastem, ve kterých byly identifikovány mezery: výzkumná a inovační infrastruktura, transfer výsledků do praxe, podmínky pro MSP, investiční a finanční prostředí, digitalizace a certifikace, koordinace aktérů a rozvoj lidských zdrojů. V závěru kapitoly jsou tato opatření doplněna principy prioritizace, implementace a monitoringu, aby bylo možné Akční plán využívat jako živý pracovní dokument, nikoli pouze jako jednorázový analytický výstup.



Obrázek 4: Logika převodu bariér do opatření Akčního plánu

Zdroj: vlastní zpracování HYTEP

8.1 Posílení výzkumné a inovační infrastruktury

První prioritní oblastí je posílení výzkumné a inovační infrastruktury tak, aby vznikly lepší podmínky pro ověřování, testování a další rozvoj vodíkových technologií v českém prostředí. Z předchozích kapitol vyplývá, že samotná existence výzkumných týmů a projektů nestačí, pokud na ni nenavazují kapacity pro praktické ověřování technologií, jejich provozní validaci a další rozvoj směrem k aplikaci. V podmínkách České republiky je proto žádoucí podporovat rozvoj specializovaných testovacích, validačních a demonstračních kapacit, které umožní propojit výzkumné organizace, technologické firmy a průmyslové partnery. [3], [7]

Taková infrastruktura by neměla být chápána pouze jako soubor fyzických zařízení, ale jako širší translační prostředí, v němž lze ověřovat komponenty, řídicí systémy, materiály, provozní chování zařízení, bezpečnostní aspekty i integrační vazby na další části energetických a průmyslových systémů. Smyslem opatření v této oblasti je zkrátit cestu mezi výzkumným výsledkem a jeho technickou a provozní validací a současně zvýšit schopnost českého prostředí připravovat demonstrační projekty s vyšší mírou praktické relevance.

Prioritou by mělo být zejména zpřístupnění testovacích a validačních kapacit pro širší okruh subjektů, včetně malých a středních podniků a startupů. Tyto subjekty často nemají vlastní infrastrukturu pro dlouhodobé testování, bezpečnostní ověřování, certifikaci nebo provozní validaci svých řešení. Otevřenější přístup k testbedům, sdíleným laboratořím, pilotním linkám a technickým pracovištím by proto mohl snížit bariéru vstupu do oboru a současně zvýšit kvalitu a důvěryhodnost technologií připravovaných pro trh.

Opatření v této oblasti by měla směřovat také k lepší návaznosti mezi výzkumnou infrastrukturou a potřebami průmyslu. Testovací a demonstrační kapacity mají největší

význam tehdy, pokud nejsou budovány izolovaně, ale odpovídají konkrétním problémům, které řeší průmysloví odběratelé, technologické firmy nebo provozovatelé budoucích vodíkových aplikací. Proto je vhodné podporovat takové modely spolupráce, ve kterých budou výzkumné organizace, firmy a veřejná správa společně identifikovat prioritní témata pro testování, validaci a demonstraci.

Součástí tohoto směru by mělo být i lepší propojení národní podpory s evropskými výzkumnými a inovačními iniciativami. Česká výzkumná pracoviště a technologické firmy se již nyní do evropských aktivit zapojují, avšak jejich účast je třeba více využívat pro budování domácích kapacit, dlouhodobější specializace a lepší návaznost na průmyslové využití. Cílem proto není pouze zvyšovat počet projektů, ale posilovat jejich systémový dopad na domácí ekosystém. [3]

Role HYTEP v této oblasti spočívá především v identifikaci potřeb sektoru, zprostředkování komunikace mezi výzkumnými organizacemi, firmami a veřejnou správou, mapování existujících kapacit a formulaci doporučení pro jejich lepší využití. HYTEP může také pomáhat vytvářet prostor pro sdílení informací o dostupné infrastruktuře, připravovaných výzvách, projektových záměrech a možnostech zapojení MSP do testovacích a demonstračních aktivit. Přímé budování infrastruktury však bude záviset na součinnosti výzkumných organizací, podniků, veřejných programů podpory, regionálních aktérů a investorů.

Očekávaným efektem opatření v této oblasti je zkrácení cesty od výzkumu k technickému ověření, zvýšení počtu kvalitnějších pilotních a demonstračních projektů, lepší zapojení MSP do vodíkového ekosystému a posílení schopnosti českých subjektů vstupovat do evropských výzkumných a inovačních partnerství. Posílení výzkumné a inovační infrastruktury tak představuje základní předpoklad pro to, aby český vodíkový sektor nestál pouze na izolovaných projektech, ale na systematictěji rozvíjeném inovačním prostředí.

8.2 Podpora přenosu výsledků do praxe

Druhou klíčovou oblastí je zlepšení přenosu výsledků výzkumu a vývoje do praxe. V českém prostředí přetrvává mezera mezi výzkumnou aktivitou a jejím pilotním ověřením, komercializací nebo využitím v reálných projektech. Tato mezera se týká technologických řešení, digitálních nástrojů, specializovaných komponent, bezpečnostních řešení i metodických a certifikačních postupů. Opatření v této oblasti by proto měla směřovat ke vzniku funkčnějšího translačního řetězce mezi výzkumnými organizacemi, technologickými firmami, průmyslovými partnery a konečnými uživateli vodíkových technologií. [3], [7]

Praktickým cílem je vytvořit lepší podmínky pro pilotní a demonstrační projekty, které umožní ověřovat nové technologie v reálném nebo provozně blízkém prostředí a které sníží technologické i investiční riziko při jejich následném nasazení. Zvláštní důraz by měl být kladen na projekty, které propojují více článků hodnotového řetězce a které od počátku počítají s aplikací v průmyslu, dopravě nebo energetice. Takové projekty mohou

plnit nejen validační, ale také demonstrační a tržní funkci: vytvářejí reference, provozní data, zkušenosti s integrací a vyšší důvěru investorů i potenciálních odběratelů.

Vedle podpory samotných pilotních projektů je nutné zlepšit podmínky pro práci s duševním vlastnictvím, licencování, sdílení vybraných výzkumných kapacit a aktivnější zapojení aplikačních partnerů již ve fázi přípravy výzkumných aktivit. Právě včasné zapojení průmyslového partnera nebo budoucího uživatele může zvýšit šanci, že výzkumný výstup nebude pouze odborným výsledkem, ale bude odpovídat konkrétním provozním, bezpečnostním, regulatorním a obchodním požadavkům.

Důležitým opatřením je také rozvoj poradenských a mediačních mechanismů, které usnadní kontakt mezi výzkumnými organizacemi, technologickými podniky, MSP, potenciálními investory a průmyslovými partnery. Tyto mechanismy mohou zahrnovat tematické matchmakingové akce, projektové konzultace, mapování technologických nabídek, podporu při vyhledávání partnerů pro pilotní ověření, metodickou podporu k ochraně duševního vlastnictví a základní orientaci v možnostech financování a certifikace. [3]

Role HYTEP v této oblasti může spočívat zejména v propojování aktérů, identifikaci témat vhodných pro pilotní ověření, komunikaci potřeb průmyslu směrem k výzkumným organizacím a zprostředkování informací o dostupných nástrojích podpory. Platforma může rovněž pomáhat s formulací společných projektových záměrů, se sdílením dobré praxe a s vytvářením prostoru pro spolupráci mezi výzkumem, firmami a veřejnou správou. Přímá realizace pilotních projektů však bude vždy záviset na zapojení konkrétních podniků, výzkumných organizací, investorů a veřejných programů podpory.

Očekávaným efektem opatření v této oblasti je zvýšení počtu výsledků VaV, které se dostanou do fáze pilotního ověření, demonstrace nebo komerčního využití. Zároveň by se měla zlepšit schopnost českého prostředí vytvářet referenční projekty, získávat provozní data, posilovat důvěru investorů a lépe zapojovat MSP do aplikačně orientovaných aktivit. Smyslem je, aby výsledky výzkumu častěji nacházely cestu k pilotnímu ověření a aby pilotní ověření častěji vytvářelo základ pro širší komercializaci.

8.3 Cílená podpora malých a středních podniků

Malé a střední podniky představují jednu z nejdůležitějších cílových skupin navrhovaných opatření. Jejich význam spočívá v technologické flexibilitě, schopnosti vyvíjet specializované komponenty, digitální řešení, měřicí a bezpečnostní prvky, řídicí systémy nebo integrační služby a v jejich potenciálu rychle reagovat na nové potřeby trhu. Zároveň však právě tyto podniky nejcitlivěji vnímají systémové bariéry související s financováním, administrativou, certifikací, přístupem ke zkušební infrastruktuře, nedostatkem odborných kapacit a obtížnějším vstupem do větších průmyslových partnerství. [3], [7]

Opatření v této oblasti by proto měla směřovat k vytvoření podpůrného prostředí, které MSP usnadní orientaci v oboru i přístup k potřebným zdrojům. To zahrnuje zejména lepší informační a komunikační servis, přehled relevantních dotačních, investičních a kooperačních možností, přístup k poradenství v oblasti regulatorních požadavků,

certifikace, IP managementu, práce s daty a přípravy projektů. Důležitá je také podpora viditelnosti českých MSP v rámci domácích i mezinárodních partnerství, protože řada menších firem může mít technologicky relevantní řešení, ale omezenou schopnost prosadit se v širším vodíkovém ekosystému. [3]

Významným opatřením je systematictější zapojování MSP do demonstračních, pilotních a kooperačních projektů, v nichž mohou své technologie a služby ověřovat po boku silnějších partnerů. Malé a střední podniky často nevstupují do sektoru jako plně vertikálně integrovaní hráči, ale jako dodavatelé specializovaných řešení. Právě proto je důležité vytvářet podmínky, v nichž se mohou propojit s výzkumnými organizacemi, průmyslovými odběrateli, většími integrátory, investory a provozovateli budoucích vodíkových aplikací.

Cílená podpora MSP by měla zahrnovat také rozvoj jejich absorpční kapacity. Nestačí pouze nabídnout finanční podporu nebo pozvání do projektů; menší firmy musí mít schopnost porozumět technickým, bezpečnostním, digitálním, certifikačním a obchodním požadavkům vodíkového sektoru. Proto je vhodné kombinovat informační servis s praktickými workshopy, mentoringem, metodikami, přístupem k testovacím kapacitám a možností účastnit se demonstračních aktivit. Tím se snižuje riziko, že MSP budou z trhu vytlačeny nikoli kvůli nedostatku inovace, ale kvůli nedostatku kapacit pro její ověření, certifikaci a komercializaci.

Role HYTEP v této oblasti může spočívat zejména v mapování potřeb MSP, zprostředkování informací o dostupné podpoře, organizaci tematických setkání, matchmakingu mezi menšími firmami, výzkumnými organizacemi a průmyslovými partnery a ve formulaci doporučení k nastavení podpůrných nástrojů. Platforma může rovněž pomáhat zviditelňovat české MSP v rámci oboru, například prostřednictvím odborných akcí, databází kontaktů, prezentací technologických řešení nebo zapojování firem do diskusí o připravovaných projektech a potřebách trhu.

Očekávaným efektem opatření je zvýšení schopnosti MSP vstupovat do vodíkových projektů, získávat reference, ověřovat své technologie, navazovat partnerství a zapojovat se do hodnotových a dodavatelských řetězců. Smyslem opatření proto není pouze „podporovat MSP obecně“, ale cíleně snižovat bariéry, které jim dnes brání ve vstupu a růstu v oblasti vodíkových technologií, a zároveň využít jejich potenciál jako zdroje inovací, specializace a domácí přidané hodnoty.

8.4 Zlepšení investičních a finančních podmínek

Čtvrtou prioritní oblastí je zlepšení investičních a finančních podmínek pro rozvoj vodíkových technologií. Předchozí kapitoly ukázaly, že vysoká finanční náročnost projektů, nízká bankovatelnost, nejistá poptávka a omezená návaznost podpůrných nástrojů představují zásadní systémovou překážku. Smyslem navrhovaných opatření proto není pouze zvyšovat objem podpory, ale především zlepšovat strukturu financování tak, aby odpovídala různým fázím rozvoje projektů: od výzkumu a testování přes pilotní a demonstrační ověření až po škálování a rané komerční nasazení. [3], [7]

V praxi to znamená podporovat lepší návaznost mezi výzkumnými granty, demonstrační podporou, nástroji pro pilotní nasazení, investičním financováním a financováním škálování technologií. Velká část vodíkových projektů se nachází v mezifázi, kdy již přesahuje běžný výzkumný rámec, ale ještě není dostatečně zralá pro standardní komerční financování. Právě pro tuto část vývojové trajektorie je vhodné posilovat nástroje, které umožní sdílet riziko mezi veřejným a soukromým sektorem a usnadní přechod od vývoje k demonstračnímu nebo ranému komerčnímu nasazení.

Důležitým opatřením je také podpora investiční připravenosti podniků a projektových týmů. Řada subjektů naráží nejen na nedostatek samotného kapitálu, ale i na obtíže při finančním modelování, vyhodnocení rizik, přípravě investičních podkladů, práci s cenovými scénáři, nastavení odběratelských vztahů nebo komunikaci s financujícími institucemi. Vhodnou reakcí je proto rozvoj expertního poradenství a metodické podpory zaměřené na investiční připravenost projektů, včetně lepšího využití evropských a národních zdrojů podpory.

Zvláštní pozornost by měla být věnována malým a středním podnikům a startupům. Tyto subjekty často nemají dostatečné kapacity pro přípravu bankovatelných projektů, strukturování financování, jednání s investory nebo kombinaci veřejné podpory a soukromého kapitálu. Opatření by proto měla zahrnovat nejen informování o dostupných programech, ale také mentoring, projektové konzultace, podporu při přípravě investičních záměrů a propojování s průmyslovými partnery, investory a finančními institucemi. Tím lze snižovat riziko, že technicky zajímavá řešení zůstanou bez návazného financování.

Součástí zlepšení investičních podmínek je také práce s poptávkou a referenčními projekty. Investoři a financující instituce obvykle potřebují vidět nejen technologii, ale také budoucí odběratele, realistický provozní model, předpokládané náklady, regulatorní soulad a možnost opakování nebo škálování projektu. Pilotní a demonstrační projekty proto mohou mít význam nejen technický, ale i investiční: pomáhají vytvářet provozní data, reference a důvěru, které jsou nezbytné pro další financování.

Role HYTEP v této oblasti může spočívat zejména v mapování investičních potřeb sektoru, zprostředkování informací o dostupných finančních nástrojích, organizaci odborných diskusí mezi technologickými firmami, investory, finančními institucemi a veřejnou správou a ve formulaci doporučení k lepší návaznosti podpůrných programů. Platforma může také podporovat přípravu projektových partnerství a zvyšovat investiční gramotnost subjektů působících ve vodíkovém ekosystému. Přímé financování projektů však bude vždy záviset na příslušných veřejných programech, soukromých investorech, finančních institucích a rozhodnutí konkrétních projektových partnerů.

Očekávaným efektem opatření v této oblasti je lepší návaznost financování na jednotlivé fáze vývoje technologií, vyšší investiční připravenost projektů, snížení rizika při přechodu od výzkumu k demonstraci a větší schopnost českých subjektů využívat kombinaci veřejných a soukromých zdrojů. Zlepšení investičních a finančních podmínek tak nemá být samoučelným navýšením podpory, ale nástrojem pro urychlení praktického ověřování, škálování a komercializace vodíkových řešení.

8.5 Rozvoj digitálních schopností, datového prostředí a certifikační připravenosti

Jedním z klíčových specifíků vodíkových technologií je silná vazba na digitální infrastrukturu, práci s daty a schopnost prokazovat regulatorně významné parametry. Opatření v této oblasti proto musí přesahovat běžnou představu digitalizace jako interní technické modernizace podniků. Ve vodíkovém sektoru je třeba chápat digitalizaci jako podmínku provozní efektivity, tržní důvěryhodnosti i souladu s budoucími certifikačními a regulatorními požadavky. [2], [3], [5], [6], [8], [9], [10], [11]

Prioritou by mělo být posilování schopností v oblasti řízení provozu, práce s daty, standardizace, interoperability a kybernetické bezpečnosti. To se týká výroby vodíku, jeho úpravy, skladování, distribuce, měření, evidence i vazby na koncové využití. Zvláštní důraz je vhodné klást na témata, která budou rozhodovat o důvěryhodnosti budoucího trhu, zejména na dohledatelnost dat, certifikaci původu a emisních parametrů vodíku a schopnost jednotlivých subjektů zapojit se do prostředí, kde budou data hrát podobně důležitou roli jako fyzická technologie.

Opatření v této oblasti by měla zahrnovat rozvoj metodického a vzdělávacího zázemí pro práci s daty, certifikací a digitálním řízením vodíkových projektů. To může zahrnovat tematické workshopy, metodiky pro datovou dokumentaci, sdílení dobré praxe v oblasti provozního monitoringu, přehled požadavků na certifikaci a auditovatelnost dat, základní orientaci v kybernetické bezpečnosti a podporu interoperability mezi různými technologickými a informačními systémy. Cílem není vytvářet jednotný technický systém pro všechny aktéry, ale zvýšit schopnost sektoru pracovat s daty konzistentně, bezpečně a regulatorně důvěryhodně.

Zvláštní význam má tato oblast pro malé a střední podniky, které často nemají kapacity na samostatné budování komplexního digitálního a datového zázemí. Pokud mají MSP vstupovat do dodavatelských řetězců, pilotních projektů nebo certifikačně náročných aplikací, potřebují rozumět nejen své technologii, ale také požadavkům na provozní data, dokumentaci parametrů, kybernetickou bezpečnost, interoperabilitu a auditovatelnost. Opatření by proto měla kombinovat odborné vzdělávání s praktickou podporou, například formou metodických manuálů, konzultací, demonstračních dnů nebo zapojení MSP do projektů, kde si tyto požadavky mohou ověřit v praxi. [3], [7]

Z pohledu podpory sektoru je žádoucí rozvíjet také spolupráci mezi technologickými firmami, výzkumnými organizacemi, certifikačními a odbornými subjekty, provozovateli projektů a veřejnou správou. Digitální a certifikační připravenost nemůže vznikat izolovaně uvnitř jednotlivých firem. Musí být propojena s budoucími požadavky trhu, evropským regulatorním rámcem, pravidly pro obnovitelný a nízkouhlíkový vodík, požadavky odběratelů a praktickým fungováním hodnotového řetězce. [8], [9], [10], [11]

Role HYTEP v této oblasti může spočívat zejména ve zprostředkování odborné diskuse mezi firmami, výzkumnými organizacemi, certifikačními subjekty a veřejnou správou, v identifikaci hlavních datových a certifikačních potřeb sektoru a v organizaci tematických aktivit zaměřených na digitalizaci, dohledatelnost, certifikaci a kybernetickou bezpečnost.

Platforma může rovněž podporovat sdílení dobré praxe a pomáhat formulovat doporučení, která usnadní českým subjektům orientaci v připravovaných požadavcích.

Očekávaným efektem opatření je zvýšení digitální a certifikační připravenosti českého vodíkového ekosystému. To může přispět k vyšší důvěryhodnosti projektů, lepší schopnosti prokazovat původ a parametry vodíku, snížení vstupních bariér pro MSP, bezpečnějšímu provozu technologií a větší připravenosti českých subjektů na budoucí pravidla trhu. Digitalizace tak nemá být vnímána jako doplněk vodíkových technologií, ale jako jeden z předpokladů jejich praktického a obchodně důvěryhodného využití.

8.6 Posílení koordinace, spolupráce a institucionálního rámce

Další prioritní oblastí je posílení koordinace mezi hlavními aktéry vodíkového sektoru. Rozvoj vodíkových technologií je svou povahou mezioborový a meziresortní, a proto vyžaduje prostředí, ve kterém budou lépe propojeny průmyslové potřeby, výzkumné aktivity, investiční nástroje, regulační rámce, podpůrné programy a činnost veřejné správy. Bez tohoto propojení hrozí fragmentace aktivit, nízká návaznost podpory a menší využití synergií mezi jednotlivými oblastmi.

Opatření v této oblasti by měla směřovat především ke zvýšení přehlednosti, pravidelné výměně informací a lepší návaznosti mezi strategickou, projektovou a implementační úrovní. Vodíkové projekty se často pohybují na rozhraní energetiky, průmyslu, dopravy, výzkumu, životního prostředí, digitalizace, bezpečnosti a financování. Pokud jednotlivé agendy nejsou dostatečně sladěny, mohou vznikat mezery mezi strategickými cíli, dostupnými nástroji podpory a reálnými potřebami firem, výzkumných organizací a investorů.

HYTEP může v tomto směru sehrát významnou koordinační roli. Navrhovaná opatření by proto měla posilovat schopnost platformy fungovat jako prostor pro sdílení informací, identifikaci priorit, propojování partnerů a zprostředkování odborného dialogu mezi podniky, výzkumnými organizacemi, veřejnou správou, regionálními aktéry a investory. To se týká nejen přípravy odborných stanovisek a tematických analýz, ale také aktivní práce s projektovými záměry, partnerstvími a přenosem informací mezi jednotlivými částmi sektoru.

Důležitým prvkem je také systematictější komunikace mezi relevantními orgány veřejné správy a oborovým prostředím. Smyslem není vytvářet další samostatné instituce nebo paralelní struktury, ale zvýšit srozumitelnost a provázanost existujícího prostředí. To zahrnuje lepší sdílení informací o připravovaných pravidlech, výzvách, podporách, certifikačních požadavcích a strategických prioritách, aby se podniky a výzkumné organizace mohly lépe připravovat na budoucí projektové a investiční příležitosti.

Koordinace by měla mít také regionální rozměr. Vodíkové projekty budou často vznikat v konkrétních průmyslových lokalitách, logistických uzlech nebo regionech s vhodnou kombinací výroby, odběru, infrastruktury a výzkumných kapacit. Proto je vhodné podporovat dialog mezi národní úrovní, kraji, městy, regionálními inovačními centry, průmyslovými zónami a podniky. Lepší propojení národních priorit s regionálními

projektovými záměry může pomoci vytvářet vodíkové uzly, pilotní lokality a partnerství s vyšší praktickou relevancí.

Role HYTEP v této oblasti může zahrnovat mapování potřeb členů a dalších aktérů, pravidelnou komunikaci se státní správou, organizaci kulatých stolů a odborných workshopů, tematické pracovní skupiny, sběr podnětů k regulatorním a podpůrným nástrojům a podporu partnerství mezi výzkumem, průmyslem a veřejným sektorem. HYTEP může také přispívat k tomu, aby se potřeby trhu a technologických firem lépe promítaly do odborné diskuse o budoucích podpůrných nástrojích, výzkumných prioritách a implementačních podmínkách.

Očekávaným efektem opatření je snížení institucionální roztržičnosti, lepší návaznost mezi strategiemi, podporami a projekty, vyšší informovanost aktérů a větší schopnost připravovat synergické projektové záměry. Posílení koordinace tak není pouze organizačním opatřením, ale jednou z podmínek toho, aby se identifikované bariéry řešily provázaně a aby jednotlivé aktivity vodíkového ekosystému měly větší systémový dopad.

8.7 Rozvoj lidských zdrojů a odborných kompetencí

Významným průřezovým opatřením je rozvoj lidských zdrojů a odborných kompetencí. Rozvoj vodíkového sektoru nebude záviset pouze na dostupnosti technologií, infrastruktury a financí, ale také na schopnosti připravit dostatek odborníků, kteří budou umět vodíkové technologie vyvíjet, testovat, provozovat, regulovat, certifikovat, integrovat do širších systémů a financovat. Tato potřeba se týká výzkumných pracovníků, inženýrů, specialistů na provoz a bezpečnost, digitálních expertů, pracovníků veřejné správy, projektových manažerů i managementu podniků. [3], [7]

Opatření v této oblasti by měla směřovat k podpoře odborného vzdělávání, prakticky orientovaných školicích formátů a lepšímu propojení výzkumných organizací, podniků, vzdělávacích institucí a veřejné správy při rozvoji potřebných kompetencí. Zvláštní důraz by měl být kladen na kombinaci technických, digitálních, bezpečnostních, regulatorních a obchodních znalostí, protože právě tato kombinace bude v sektoru stále důležitější. Vodíkové projekty nejsou pouze technickým úkolem; vyžadují také schopnost pracovat s daty, certifikací, financováním, projektovým řízením a požadavky koncových odběratelů.

Praktickými nástroji mohou být tematické workshopy, modulární školení, demonstrační dny, odborné semináře, metodické manuály, případové studie a sdílení zkušeností z pilotních projektů. Pro MSP a startupy mohou být zvláště užitečné formáty zaměřené na bezpečnost provozu, práci s daty, certifikaci, přípravu projektů, investiční modelování, ochranu duševního vlastnictví a vstup do partnerství s většími průmyslovými subjekty. Pro veřejnou správu a podpůrné instituce je naopak důležité posilovat porozumění technickým, tržním a regulatorním specifikům vodíkových projektů.

Rozvoj kompetencí je důležitý i z pohledu absorpční schopnosti podniků a institucí. Mnohé bariéry nevznikají jen proto, že neexistuje vhodná technologie, ale také proto, že podnik nebo instituce nemá dostatečnou kapacitu porozumět jejímu zavedení, vyhodnotit její přínosy, připravit odpovídající projekt nebo zajistit jeho bezpečný a ekonomicky

smysluplný provoz. Nedostatek kompetencí tak může vést k pomalejší přípravě projektů, vyšším nákladům, slabší schopnosti využívat podpůrné programy a menší ochotě vstupovat do inovativních řešení.

Role HYTEP v této oblasti může spočívat zejména v identifikaci kompetenčních potřeb sektoru, organizaci odborných akcí, zprostředkování kontaktu mezi podniky, výzkumnými organizacemi a vzdělávacími institucemi a ve vytváření prostoru pro sdílení dobré praxe. Platforma může také podporovat vznik tematických vzdělávacích formátů zaměřených na MSP, digitalizaci, certifikaci, bezpečnost, investiční připravenost a praktické aspekty zavádění vodíkových technologií.

Očekávaným efektem opatření je zvýšení odborné připravenosti českého vodíkového ekosystému, lepší absorpční kapacita podniků, vyšší kvalita připravovaných projektů a silnější schopnost zapojovat české subjekty do domácích i evropských hodnotových řetězců. Rozvoj lidských zdrojů proto není doplňkovým tématem, ale jednou z podmínek úspěšné implementace všech ostatních opatření Akčního plánu.

8.8 Principy prioritizace a implementace opatření

Navržená opatření nelze realizovat všechna se stejnou intenzitou a ve stejném časovém horizontu. Pro jejich praktické uplatnění je proto vhodné pracovat s prioritizací podle dopadu, realizovatelnosti, časové náročnosti a systémového významu. Prioritizace má umožnit, aby Akční plán nebyl pouze souborem doporučení, ale pracovním rámcem, který pomáhá rozlišit mezi opatřeními krátkodobě proveditelnými, opatřeními vyžadujícími širší spolupráci a opatřeními s delším investičním nebo institucionálním horizontem.

V krátkodobém horizontu by měla být přednostně rozvíjena opatření, která mohou zlepšit orientaci aktérů v sektoru, podpořit propojení partnerů, posílit práci s projektovými záměry, zlepšit přístup MSP k informacím a zvýšit připravenost prostředí na investice, pilotní projekty, certifikaci a práci s daty. Jde zejména o koordinační, informační, vzdělávací a poradenské aktivity, které mohou být realizovány relativně rychle a mohou připravit základ pro náročnější navazující kroky.

Ve střednědobém horizontu by měla být prioritou zejména podpora testovací a demonstrační infrastruktury, návaznost mezi výzkumem a aplikací, zlepšení digitální a certifikační připravenosti a vytváření podmínek pro silnější zapojení českých subjektů do evropských hodnotových a dodavatelských řetězců. Tato opatření zpravidla vyžadují širší partnerství, projektovou přípravu a kombinaci veřejných a soukromých zdrojů. V delším horizontu pak bude důležité, aby se navržená opatření promítla do stabilnějšího institucionálního, investičního a tržního rámce a aby přispěla ke vzniku důvěryhodnějšího prostředí pro rozvoj vodíkových technologií.

Klíčovým principem implementace musí být provázanost. Opatření nebudou účinná, pokud budou realizována izolovaně. Rozvoj výzkumné infrastruktury bez pilotních projektů nepovede k dostatečnému transferu výsledků do praxe. Podpora MSP bez zlepšení financování, certifikačního prostředí a přístupu k partnerům nebude dostatečná. Rozvoj digitálních řešení bez návaznosti na regulační a certifikační rámec nepřinese

plný efekt. Právě proto je třeba Akční plán chápat jako koordinovaný rámec, nikoli jako souhrn samostatných intervencí.

Na praktickou implementaci navržených opatření musí navazovat jasně vymezený monitorovací rámec. HYTEP bude v této souvislosti plnit především odbornou, koordinační a monitorovací roli. Jednotlivá opatření však budou realizována v součinnosti s dalšími aktéry podle jejich věcné působnosti. Veřejná správa bude hrát klíčovou roli zejména v oblasti regulatorního rámce, veřejných podpor a vazby na národní strategie. Výzkumné organizace a vysoké školy budou zásadní pro rozvoj výzkumné a testovací infrastruktury, transfer výsledků a rozvoj kompetencí. Průmyslové podniky a technologické firmy budou klíčové pro pilotní ověřování, komercializaci a škálování řešení. Finanční instituce a investoři budou důležití pro návazné financování a rozvoj investičně připravených projektů.

Monitoring realizace Akčního plánu bude probíhat průběžně a bude založen na sledování věcných, procesních a výstupových indikátorů. Mezi základní indikátory mohou patřit zejména počet připravených nebo iniciovaných projektů VaVaI, počet pilotních a demonstračních aktivit, počet MSP zapojených do podpůrných a kooperačních aktivit, počet realizovaných odborných akcí a školicích formátů, rozsah využívání testovací a validační infrastruktury, počet identifikovaných a řešených bariér v oblasti financování a regulatorního prostředí a počet opatření, u nichž došlo alespoň k částečné realizaci. Indikátory budou sloužit primárně k hodnocení trendů a pokroku na agregované úrovni, nikoli jako rigidní projektové závazky jednotlivých subjektů.

Vyhodnocování implementace bude probíhat minimálně jednou ročně formou interního hodnotícího přehledu HYTEP. Tento přehled bude shrnovat stav realizace opatření, hlavní změny v regulatorním, investičním a technologickém prostředí a doporučení pro případnou úpravu priorit. V případě významných změn tržního, technologického nebo regulatorního rámce bude možné provést i mimořádnou aktualizaci dokumentu. Tím bude zajištěno, že Akční plán zůstane živým strategickým dokumentem, nikoli jednorázovým výstupem.

Pro praktickou implementaci se doporučuje využívat jednoduchou implementační matici, která bude u každého opatření evidovat hlavního gestora, spolupracující subjekty, časový horizont, možné zdroje financování a indikátor průběžného plnění. Tím se zvýší říditelnost dokumentu a současně se usnadní jeho následné vyhodnocení pro potřeby platformy i vůči poskytovateli podpory.

Konkrétní operacionalizace opatření bude probíhat prostřednictvím ročních pracovních plánů a interních hodnotících přehledů HYTEP. Ty budou u jednotlivých priorit sledovat zejména plánované aktivity, zapojené partnery, stav přípravy projektových záměrů, vazbu na dostupné programy podpory a dosažené výstupy.

Tabulka 16: Implementační matice Akčního plánu

Opatření	Hlavní gestor	Spolupracující subjekty	Horizont	Možné financování	Indikátor
Rozvoj testovací a validační infrastruktury	HYTEP / výzkumné organizace	MPO, MŽP, kraje, firmy, vysoké školy	střednědobý	OP TAK, Horizon Europe, Clean Hydrogen Partnership, soukromé zdroje	počet nových nebo zpřístupněných kapacit
Podpora pilotních a demonstračních projektů	firmy / výzkumné organizace	HYTEP, veřejná správa, průmysloví partneři, investoři	krátkodobý až střednědobý	národní a evropské programy, soukromé zdroje, kombinované financování	počet připravených nebo realizovaných pilotních projektů
Podpora MSP a jejich kompetencí	HYTEP	MSP, vysoké školy, výzkumné organizace, regionální inovační centra, odborní partneři	průběžně	OP TAK, národní programy, členské a projektové zdroje	počet zapojených MSP, počet školení a poradenských aktivit
Investiční připravenost a financování	HYTEP / finanční partneři	investoři, banky, firmy, veřejné podpůrné instituce	průběžně	kombinované finanční nástroje, soukromé zdroje, evropské a národní programy	počet konzultovaných projektů, počet investičně připravených záměrů
Digitální a certifikační připravenost	firmy / výzkumné organizace	HYTEP, certifikační a odborné subjekty, veřejná správa, IT a datoví partneři	krátkodobý až střednědobý	OP TAK, Digitální Evropa, národní programy, soukromé zdroje	počet metodických aktivit, workshopů a projektů pracujících s daty/certifikací
Posílení koordinace a spolupráce aktérů	HYTEP	veřejná správa, firmy, výzkumné organizace, kraje, investoři, oborové asociace	průběžně	OP TAK, členské zdroje, projektové zdroje	počet kulatých stolů, pracovních skupin a společných projektových záměrů

Opatření	Hlavní gestor	Spolupracující subjekty	Horizont	Možné financování	Indikátor
Rozvoj lidských zdrojů a odborných kompetencí	HYTEP / vzdělávací a výzkumné instituce	firmy, MSP, veřejná správa, vysoké školy, odborní partneři	průběžně	OP TAK, národní vzdělávací programy, evropské programy, soukromé zdroje	počet vzdělávacích formátů, počet účastníků, počet zapojených organizací

Zdroj: vlastní zpracování HYTEP

8.9 Shrnutí návrhu opatření

Navržená opatření směřují k vytvoření prostředí, ve kterém bude možné lépe rozvíjet výzkum, snadněji převádět jeho výsledky do praxe, cíleněji podporovat malé a střední podniky, zlepšovat investiční podmínky, budovat digitální a datovou připravenost, rozvíjet odborné kompetence a posilovat koordinaci mezi hlavními aktéry. Jejich společným jmenovatelem je snaha posunout český vodíkový sektor od fragmentovaných aktivit k systematictějšímu a strategičtější řízenému rozvoji.

Opatření současně nejsou formulována jako uzavřený a neměnný seznam, ale jako rámec pro další práci platformy, pro navazující diskusi s partnery a pro průběžné zpřesňování priorit podle vývoje trhu, technologií a regulatorního prostředí. Právě tato otevřenost je důležitá, protože rozvoj vodíkových technologií bude v příštích letech probíhat v prostředí značné dynamiky a proměnlivosti. Smyslem této kapitoly proto není pouze vymezit, co by bylo vhodné dělat, ale vytvořit použitelný základ pro další praktické kroky, koordinaci aktérů a průběžné vyhodnocování pokroku.

Z hlediska logiky Akčního plánu je důležité, že navržená opatření přímo navazují na systémové bariéry popsané v předchozí kapitole. Bariéry ve výzkumu a inovacích vyžadují posílení testovací, validační a demonstrační infrastruktury. Slabší přenos výsledků do praxe vyžaduje podporu pilotních projektů, práci s duševním vlastnictvím, licencováním a partnerstvími. Omezení MSP vyžadují cílenou podporu orientace, kompetencí, přístupu k infrastruktuře a zapojení do hodnotových řetězců. Investiční bariéry vyžadují lepší návaznost finančních nástrojů a podporu investiční připravenosti projektů. Digitální a certifikační bariéry vyžadují rozvoj datového prostředí, metodik, interoperability a práce s certifikací. Institucionální bariéry pak vyžadují silnější koordinaci mezi veřejnou správou, výzkumem, podniky, regiony a investory.

Navržená opatření proto nelze chápat izolovaně. Jejich účinnost bude záviset na tom, zda budou realizována jako provázaný celek. Podpora výzkumné infrastruktury bude mít větší dopad tehdy, pokud na ni navážou pilotní projekty a průmysloví partneři. Podpora MSP bude účinnější tehdy, pokud bude propojena s testovacími kapacitami, investičním poradenstvím a odborným vzděláváním. Digitální a certifikační připravenost bude mít

praktický význam tehdy, pokud bude navázána na reálné projekty, regulační požadavky a potřeby trhu.

Role HYTEP v tomto rámci spočívá především v odborné koordinaci, síťování, sběru a vyhodnocování podnětů, zprostředkování dialogu mezi aktéry, formulaci doporučení a průběžném sledování vývoje sektoru. Samotná realizace jednotlivých opatření bude vyžadovat součinnost širšího okruhu subjektů, zejména veřejné správy, výzkumných organizací, vysokých škol, podniků, MSP, investorů, finančních institucí, regionálních struktur a evropských programů podpory. Právě koordinovaná spolupráce těchto aktérů bude rozhodující pro to, zda se navržená opatření promítnou do konkrétních projektů, investic, kompetencí a funkčních partnerství.

Kapitola 8 tak uzavírá analyticko-návrhovou část Akčního plánu tím, že převádí identifikované bariéry a potřeby do konkrétních směrů podpory. Jejím hlavním cílem je vytvořit praktický rámec, který pomůže HYTEP a dalším aktérům lépe prioritizovat aktivity, připravovat navazující projekty, podporovat rozvoj MSP, posilovat inovační infrastrukturu a průběžně reagovat na měnící se podmínky vodíkového sektoru v České republice.

9. Závěr a doporučení pro rozhodovací orgány

Akční plán ukazuje, že rozvoj vodíkových technologií v České republice nelze chápat jako izolovaný technologický trend ani jako téma omezené na několik pilotních projektů. Jde o oblast, v níž se propojují cíle dekarbonizace, technologické modernizace, digitální transformace, průmyslové konkurenceschopnosti i budoucí odolnosti české ekonomiky. Vodík přitom není v českém prostředí zcela novým fenoménem. Nové je především to, že se jeho role postupně proměňuje z tradiční průmyslové suroviny na jeden z nástrojů strukturální transformace, zejména v segmentech, kde nelze očekávat snadnou nebo ekonomicky efektivní přímou elektrifikaci. [2], [5], [6]

Současně však analýza potvrzuje, že český vodíkový sektor se stále nachází ve fázi postupného formování. Existují relevantní výzkumné kapacity, první projekty, odborné know-how i rostoucí institucionální zájem, ale zároveň přetrvávají významné systémové bariéry. Ty se týkají zejména regulační nejistoty, slabé poptávky, vysoké investiční náročnosti, omezenější infrastruktury pro testování a demonstrace, slabšího přenosu výsledků výzkumu do praxe a ne zcela rozvinutého digitálního a koordinačního rámce. Právě souběh těchto faktorů vysvětluje, proč je tempo rozvoje sektoru zatím pozvolné a proč se strategické cíle zatím jen postupně promítají do širšího praktického uplatnění vodíkových technologií. [3], [4], [7]

Z předchozích kapitol současně vyplývá, že české prostředí nevstupuje do vodíkové transformace bez předpokladů. Disponuje odbornou základnou, aktivními výzkumnými organizacemi, dílčími inovačními kapacitami i podniky, které mohou sehrát roli v dodavatelských řetězcích, v integraci technologií nebo ve vývoji specializovaných komponent, podpůrných systémů, měření, bezpečnosti a digitálních řešení. Potenciál vodíku v České republice proto nespočívá pouze ve výrobě samotného vodíku, ale i v rozvoji širšího technologického, výzkumného a dodavatelského ekosystému. [3], [4]

Budoucí úspěch však bude záviset na tom, zda se podaří tento potenciál podpořit systémově, realisticky a dlouhodobě koordinovaným způsobem. Rozhodující nebude pouze existence jednotlivých projektů, ale schopnost propojit výzkum, demonstrace, průmyslové potřeby, investice, digitální a certifikační připravenost, rozvoj kompetencí a institucionální koordinaci. Závěr Akčního plánu proto nasměřuje k jednorázovému doporučení, ale k potřebě dlouhodobé práce s vodíkovým ekosystémem jako s postupně se rozvíjející součástí zelené a digitální transformace českého průmyslu.

9.1 Hlavní závěry Akčního plánu

Prvním hlavním závěrem je, že vodík má v českých podmínkách největší bezprostřední relevanci zejména v průmyslu, tedy tam, kde již dnes existuje spotřeba vodíku nebo kde lze důvodně očekávat jeho uplatnění jako nástroje dekarbonizace technologicky obtížně elektrifikovatelných procesů. V dopravě a energetice je jeho role perspektivní, ale více podmíněná a z hlediska tržního rozvoje zatím méně bezprostřední. Tato skutečnost je důležitá pro další prioritizaci podpory i pro realistické nastavení očekávání. Vodík by proto neměl být chápán jako univerzální řešení pro všechny sektory, ale jako cílený nástroj

pro oblasti, kde může přinášet skutečnou technologickou, emisní nebo systémovou přidanou hodnotu. [2], [5], [6]

Druhým závěrem je, že bariéry rozvoje sektoru mají převážně systémový charakter. Nejde pouze o cenu technologií nebo nedostatek investic, ale o vzájemně propojený problém trhu, regulace, výzkumné infrastruktury, transferu výsledků do praxe, digitální připravenosti a koordinace mezi aktéry. Právě proto nebude možné dosáhnout významnějšího posunu jedním izolovaným opatřením. Rozvoj sektoru vyžaduje kombinaci nástrojů a dlouhodobější koordinaci, která propojí výzkum, demonstrace, investice, certifikaci, poptávku a zapojení podniků do hodnotových řetězců. [3], [4], [7]

Třetím závěrem je, že významnou roli mohou hrát malé a střední podniky, zejména jako nositelé specializovaných inovací, integračních řešení, komponent, služeb a digitálních subsystémů. Zároveň však právě tyto subjekty narážejí na některé z nejtvrdějších bariér, zejména v oblasti financování, přístupu k testovací a demonstrační infrastruktuře, certifikace, orientace v regulačním prostředí, práce s daty a dostupnosti odborných kapacit. Pokud má být rozvoj sektoru skutečně inovační a dynamický, je třeba vytvořit podmínky, které jejich zapojení výrazně usnadní. [3], [7]

Čtvrtým závěrem je, že digitální rozměr vodíkových technologií nelze chápat jako doplňkové téma. Řízení provozu, práce s daty, certifikace, dohledatelnost, interoperabilita a kybernetická bezpečnost budou stále důležitější součástí fungujícího vodíkového trhu. Schopnost českých subjektů obstát v budoucím vodíkovém ekosystému proto nebude záviset jen na fyzických technologiích, ale i na jejich datové, provozní a certifikační připravenosti. [2], [3], [5], [6], [8], [9], [10], [11]

Pátým závěrem je, že vodíkové technologie je třeba vnímat také jako součást širší evropské průmyslové politiky. Clean Industrial Deal ukazuje, že dekarbonizace evropského průmyslu má být propojena s konkurenceschopností, dostupností energie, rozvojem čistých technologií a posilováním průmyslové odolnosti. Pro Českou republiku to znamená, že vodík nemá být posuzován pouze jako klimatické nebo energetické téma, ale také jako příležitost pro technologickou specializaci, zapojení do hodnotových řetězců a modernizaci průmyslové základny. [12]

Šestým závěrem je, že role technologické platformy spočívá především v koordinaci, odborném zprostředkování a práci s potřebami sektoru. HYTEP nemůže nahrazovat investory, regulátory ani jednotlivé realizátory projektů, ale může přispět k tomu, aby byly potřeby vodíkového ekosystému lépe pojmenovány, aby se aktéři účinněji propojovali a aby se bariéry převáděly do konkrétních návrhů, projektových záměrů a odborných doporučení. Právě tato koordinační role je důležitá v prostředí, kde rozvoj vodíku závisí na součinnosti veřejné správy, výzkumu, průmyslu, investorů, MSP a regionálních aktérů.

9.2 Doporučení pro veřejnou správu a rozhodovací orgány

Pro veřejnou správu a rozhodovací orgány z Akčního plánu vyplývá několik základních doporučení. Prvním je potřeba zachovat realistický a sektorově diferencovaný přístup k vodíku. Veřejná politika by měla rozlišovat mezi oblastmi, kde vodík představuje

přirozený a smysluplný nástroj dekarbonizace, a oblastmi, kde je jeho uplatnění zatím více podmíněné nebo vzdálenější. Zvláštní pozornost by proto měla být věnována zejména průmyslovým aplikacím, výzkumným a demonstračním projektům, zapojení vodíku do obtížně elektrifikovatelných procesů a budování strategicky významných technologických a inovačních kapacit. Tento přístup odpovídá i širší logice Clean Industrial Deal, podle níž má být průmyslová dekarbonizace propojena s konkurenceschopností, rozvojem čistých technologií a podporou energeticky náročných odvětví. [2], [5], [6], [12]

Druhým doporučením je posilovat návaznost mezi výzkumnou podporou, demonstračními nástroji, investiční podporou a širšími průmyslovými prioritami. Jednou z hlavních slabín současného prostředí je roztržitost mezi jednotlivými stupni podpory a nedostatečná kontinuita mezi výzkumným výsledkem, jeho pilotním ověřením a následným komerčním nasazením. Smysluplná veřejná intervence by proto měla podporovat celý tento řetězec, nikoli pouze jeho vybrané části. To je důležité zejména u technologií a řešení, která se nacházejí mezi výzkumem, demonstrací a raným tržním využitím. [3], [7]

Třetím doporučením je cíleně posilovat podmínky pro malé a střední podniky. To zahrnuje nejen finanční a dotační nástroje, ale i přístup ke sdílené infrastruktuře, odbornému poradenství, pilotním projektům, certifikačním informacím a partnerstvím s výzkumnými organizacemi a většími průmyslovými hráči. Pokud se nepodaří snížit absorpční a transakční bariéry pro menší firmy, zůstane inovační potenciál sektoru využit jen částečně. Podpora MSP by proto měla být chápána jako součást širšího rozvoje hodnotových a dodavatelských řetězců, nikoli pouze jako samostatná podnikatelská podpora. [3], [4], [7]

Čtvrtým doporučením je nepodcenit digitální a datovou dimenzi vodíkového sektoru. Rozvoj podpůrných opatření by měl zohledňovat témata, jako je práce s daty, certifikace, dohledatelnost původu a parametrů vodíku, interoperabilita, digitální řízení provozu a kybernetická bezpečnost. Tato oblast by měla být součástí strategického uvažování od počátku, nikoli až jako dodatečný technický doplněk. Digitální a certifikační připravenost bude stále významněji rozhodovat o tom, zda budou projekty důvěryhodné z hlediska trhu, regulace i financování. [2], [3], [5], [6], [8], [9], [10], [11]

Pátým doporučením je posílit institucionální koordinaci. Vodíkové technologie se dotýkají více resortů, více typů podpůrných nástrojů i více částí průmyslového, energetického, dopravního a výzkumného systému. Právě proto je důležité usilovat o lepší návaznost mezi strategickými dokumenty, podpůrnými programy, výzkumnými prioritami, regulatorními požadavky a praktickými potřebami trhu. Bez této koordinace hrozí, že i dobře míněná opatření budou mít omezený dopad nebo budou realizována bez dostatečné návaznosti na potřeby podniků a výzkumných organizací. [9], [10]

Šestým doporučením je vnímat technologické platformy a oborové asociace jako důležité partnery při formulaci, ověřování a aktualizaci podpůrných opatření. Platformy mohou přinášet zpětnou vazbu z praxe, identifikovat bariéry vznikající na rozhraní regulace, trhu a technologií a pomáhat propojovat veřejnou správu s podniky, výzkumnými organizacemi a regionálními aktéry. Jejich role je důležitá zejména tam, kde je třeba

průběžně vyhodnocovat, zda strategické cíle odpovídají skutečným možnostem a potřebám sektoru.

Tabulka 17: Přehled doporučení pro veřejnou správu a rozhodovací orgány

Doporučená oblast	Hlavní zaměření	Očekávaný přínos
Realistická prioritizace vodíku	Zaměřit podporu zejména na oblasti s vyšší přidanou hodnotou, zejména průmyslové aplikace, VaVaI, demonstrace a obtížně elektrifikovatelné procesy	Efektivnější využití podpory a realističtější nastavení očekávání
Návaznost podpůrných nástrojů	Propojit výzkumnou podporu, testování, pilotní projekty, demonstrace, investiční podporu a škálování	Snazší přechod od výzkumu k praktickému využití a vyšší dopad veřejné podpory
Podpora MSP	Zlepšit přístup MSP ke sdílené infrastruktuře, poradenství, certifikaci, pilotním projektům, financování a partnerstvím	Vyšší zapojení MSP do hodnotových řetězců a lepší využití jejich inovačního potenciálu
Digitální a certifikační připravenost	Zohlednit práci s daty, dohledatelnost, interoperabilitu, certifikaci, provozní monitoring a kybernetickou bezpečnost	Vyšší důvěryhodnost projektů, lepší připravenost na budoucí trh a regulační požadavky
Institucionální koordinace	Posílit návaznost mezi strategiemi, podporami, regulačním rámcem, výzkumnými prioritami a potřebami trhu	Nižší roztříštěnost opatření a vyšší schopnost realizovat systémové změny
Spolupráce s technologickými platformami	Využívat platformy jako zdroj zpětné vazby, odborných podnětů, síťování a komunikace se sektorem	Lepší průběžné vyhodnocování potřeb sektoru a přesnější nastavení podpůrných opatření

Zdroj: vlastní zpracování HYTEP

9.3 Doporučení pro další činnost HYTEP

Pro další činnost HYTEP z Akčního plánu vyplývá zejména potřeba soustředit se na roli aktivního koordinátora a zprostředkovatele mezi jednotlivými částmi sektoru. Platforma by měla nadále rozvíjet svou funkci odborného uzlu, který propojuje výzkumné organizace, technologické firmy, průmyslové podniky, veřejnou správu, regionální aktéry, finanční instituce a další relevantní partnery. Smyslem této role není nahrazovat jednotlivé aktéry, ale vytvářet prostředí, v němž budou jejich aktivity lépe provázané, strategicky ukotvené a srozumitelně komunikované.

Důležitou prioritou by mělo být systematictější mapování projektových záměrů, identifikace oblastí s vyšším aplikačním potenciálem a podpora vzniku demonstračních a kooperačních projektů. HYTEP může v tomto směru pomoci zejména tím, že bude vytvářet odbornou platformu pro sdílení zkušeností, formulaci společných priorit a včasnou identifikaci bariér, které omezují rozvoj sektoru v praxi. Významné bude také průběžné sledování toho, zda se identifikované potřeby sektoru promítají do projektových záměrů, odborných aktivit, doporučení pro veřejnou správu a navazujících podpůrných nástrojů.

Vedle toho by měla platforma věnovat zvýšenou pozornost podpoře malých a středních podniků, rozvoji odborných kompetencí, práci s informacemi o financování a posilování digitální a certifikační připravenosti sektoru. Právě v těchto oblastech může mít její činnost vysokou přidanou hodnotu, protože jde o témata, která přesahují možnosti jednotlivých firem nebo výzkumných týmů a vyžadují koordinační, síťovací a metodickou roli. HYTEP může pomáhat zejména tím, že bude zpřehledňovat dostupné informace, propojovat partnery, organizovat odborné formáty a přenášet praktické poznatky členů do širší sektorové diskuse.

Dalším doporučením je posilovat roli HYTEP při komunikaci mezi sektorem a veřejnou správou. Platforma může průběžně sbírat podněty z praxe, vyhodnocovat bariéry, které se objevují při přípravě projektů, a formulovat odborně podložená doporučení k regulatorním, podpůrným nebo implementačním otázkám. Tato role je důležitá zejména proto, že vodíkový sektor se bude v následujících letech vyvíjet v prostředí proměnlivé regulace, technologického vývoje a postupně se formujícího trhu.

HYTEP by měla rovněž podporovat kontinuitu práce s Akčním plánem. Dokument by neměl být vnímán jako jednorázový výstup projektu, ale jako pracovní rámec pro další plánování aktivit platformy, odbornou komunikaci, aktualizaci priorit a vyhodnocování pokroku. Praktickým nástrojem může být pravidelné interní vyhodnocení naplňování opatření, aktualizace seznamu bariér a potřeb, sledování vývoje relevantních programů podpory a průběžné zapojování členů platformy do diskuse o dalším směřování sektoru.

Z pohledu HYTEP je proto klíčové soustředit se na oblasti, kde může platforma přinášet nejvyšší přidanou hodnotu: koordinaci, síťování, odborné zprostředkování, práci s daty a informacemi, podporu MSP, rozvoj kompetencí, formulaci doporučení a posilování vazeb mezi výzkumem, průmyslem, veřejnou správou a investory. Právě tato role může přispět k tomu, aby se Akční plán promítl do konkrétních aktivit a aby se český vodíkový ekosystém rozvíjel systematictěji než dosud.

9.4 Závěrečné shrnutí

Vodíkové technologie představují pro Českou republiku významnou příležitost, ale nikoli příležitost automatickou. Jejich rozvoj nebude dán pouze tím, že vodík je součástí evropských a národních strategických dokumentů nebo že existují dílčí technologická řešení. Rozhodující bude schopnost propojit technologický potenciál s realistickou prioritizací, kvalitním podpůrným prostředím a dlouhodobější koordinací mezi veřejnou správou, výzkumem, průmyslem, investory a regionálními aktéry.

Akční plán ukazuje, že český sektor již dnes disponuje řadou cenných předpokladů. Patří mezi ně odborná a výzkumná základna, zkušenost s tradičním průmyslovým využitím vodíku, rostoucí zájem o nové aplikace, existence prvních projektů, technické know-how, podniky schopné zapojit se do dodavatelských řetězců a platforma, která může plnit koordinační a zprostředkující roli. Současně však dokument ukazuje, že tyto předpoklady samy o sobě nepostačují. Pokud nebudou lépe propojeny s testovací a demonstrační infrastrukturou, s průmyslovými odběrateli, s finančními nástroji, s digitální a certifikační připraveností a s podporou malých a středních podniků, zůstane část potenciálu nevyužita.

Hlavní zjištění Akčního plánu lze proto shrnout tak, že rozvoj vodíkových technologií v České republice vyžaduje systémový přístup. Nestačí podporovat pouze výrobu vodíku, pouze výzkum nebo pouze jednotlivé pilotní projekty. Rozhodující bude schopnost vytvářet funkční vazby mezi výzkumem, technologickým vývojem, testováním, pilotním ověřením, demonstrací, certifikací, financováním a tržním uplatněním. Právě kvalita těchto vazeb rozhodne o tom, zda se vodíkové technologie budou rozvíjet pouze jako soubor dílčích iniciativ, nebo jako součást širšího inovačního a průmyslového ekosystému.

Zvláštní význam má realistická prioritizace. Vodík by neměl být vnímán jako univerzální řešení pro všechny části energetiky, dopravy a průmyslu. V českém prostředí má největší bezprostřední význam zejména tam, kde navazuje na existující průmyslovou spotřebu, kde může pomoci s dekarbonizací obtížně elektrifikovatelných procesů nebo kde může podpořit vznik specializovaných technologií, komponent, služeb a digitálních řešení. V jiných oblastech může být jeho role perspektivní, ale bude záviset na vývoji infrastruktury, cen, regulačních pravidel, dostupnosti nízkoemisní energie a skutečné poptávky.

V širším evropském kontextu tato prioritizace odpovídá potřebě spojit dekarbonizaci s průmyslovou konkurenceschopností. Vodíkové technologie mohou být relevantní zejména tam, kde přispívají nejen ke snižování emisí, ale také k modernizaci průmyslových procesů, rozvoji čistých technologií, posilování hodnotových řetězců a vyšší odolnosti evropského i českého průmyslu. Právě tato vazba mezi klimatickými cíli, technologickým rozvojem a konkurenceschopností je jedním z důležitých rámců pro další práci s Akčním plánem. [12]

Podstatným závěrem je také význam malých a středních podniků. Právě MSP mohou přinášet flexibilitu, specializované inovace, digitální subsystémy, měřicí a bezpečnostní řešení, software, komponenty nebo integrační služby. Aby však mohly tuto roli plnit, potřebují lepší přístup k informacím, testovacím kapacitám, demonstračním projektům, certifikaci, partnerům a financování. Podpora MSP proto není doplňkovým prvkem Akčního plánu, ale jednou z podmínek toho, aby se v českém prostředí rozvíjela domácí přidaná hodnota a aby se české subjekty dokázaly zapojit do evropských hodnotových a dodavatelských řetězců.

Akční plán zároveň zdůrazňuje, že digitalizace, data a certifikace budou v budoucím vodíkovém sektoru stejně důležité jako samotné fyzické technologie. Vodíkové projekty budou muset prokazovat původ, emisní parametry, provozní spolehlivost, bezpečnost a soulad s regulačními požadavky. Subjekty, které nebudou schopny pracovat s daty,

interoperabilitou, dohledatelností a kybernetickou bezpečností, mohou narážet na nové bariéry vstupu na trh. Proto je nutné budovat digitální a certifikační připravenost už v raných fázích rozvoje projektů, nikoli až dodatečně.

Hlavní smysl tohoto dokumentu tedy nespočívá pouze v popisu současného stavu. Jeho význam spočívá v pojmenování oblastí, na které je třeba soustředit další pozornost, a v vytvoření rámce, který umožní převádět identifikované bariéry do konkrétních kroků. Pokud budou navržená opatření dále rozpracována a pokud se podaří posílit návaznost mezi výzkumem, demonstracemi, podporou podniků, financováním, digitalizací a institucionální koordinací, může vodíkový sektor v České republice získat pevnější základ pro svůj další rozvoj.

Akční plán má k tomuto cíli sloužit jako strategický a koordinační rámec pro období 2026–2030. Jeho hodnota bude spočívat nejen v samotném textu, ale především v tom, zda bude dále využíván jako pracovní nástroj pro činnost HYTEP, komunikaci s rozhodovacími orgány, přípravu navazujících aktivit, podporu členů platformy a průběžné vyhodnocování potřeb sektoru. Dokument by proto měl zůstat živým rámcem, který se bude aktualizovat podle vývoje technologií, trhu, regulace a zkušeností z realizovaných projektů.

Závěrečným doporučením je postupovat pragmaticky, ale koordinovaně. Česká republika nemusí usilovat o plošný rozvoj všech vodíkových aplikací současně. Měla by se zaměřit na oblasti, kde má vodík reálnou přidanou hodnotu, kde existuje průmyslová nebo výzkumná opora a kde lze postupně vytvářet funkční vazby mezi výrobou, infrastrukturou, využitím, daty, certifikací a trhem. Právě takový přístup může umožnit, aby se vodík stal smysluplnou součástí zelené a digitální transformace českého průmyslu, nikoli pouze deklarovaným strategickým cílem.

Příloha A – Seznam zdrojů

[1] Ministerstvo průmyslu a obchodu / Agentura pro podnikání a inovace: OP TAK – Technologické platformy – výzva II; výzva a informace k podporovaným aktivitám, zpracování Akčního plánu pro digitální a zelenou transformaci a jeho veřejnému představení.

[2] Evropská komise: Hydrogen. Přehled politiky EU v oblasti vodíku, včetně role obnovitelného a nízkouhlíkového vodíku v dekarbonizaci energeticky náročného průmyslu, dopravy a energetiky.

[3] PricewaterhouseCoopers Česká republika, s.r.o.: Studie pro Akční plán pro digitální a zelenou transformaci v oblasti vodíkových technologií. Podkladová studie zpracovaná pro HYTEP v rámci projektu „Koordinační činnost České vodíkové technologické platformy 2027“, 2025.

[4] EGU: Identifikace dodavatelských řetězců vodíkových technologií. Podkladová studie zpracovaná pro HYTEP v rámci projektu „Koordinační činnost České vodíkové technologické platformy 2027“, leden 2025.

[5] Ministerstvo průmyslu a obchodu: Vodíková strategie České republiky – aktualizace 2024. Informace o schválení aktualizované strategie vládou dne 17. července 2024.

[6] Evropská komise: REPowerEU Plan, COM(2022) 230 final, zejména cíl dosáhnout do roku 2030 výroby 10 milionů tun obnovitelného vodíku v EU a dovozu dalších 10 milionů tun obnovitelného vodíku.

[7] PwC / HYTEP: Dotazníková šetření a rozhovory ke Studii pro Akční plán pro digitální a zelenou transformaci v oblasti vodíkových technologií. Interní podklad zaměřený na potřeby a bariéry MSP a startupů v oblasti výroby obnovitelného vodíku.

[8] Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2023/2413 ze dne 18. října 2023, kterou se mění směrnice (EU) 2018/2001, nařízení (EU) 2018/1999 a směrnice 98/70/ES, pokud jde o podporu energie z obnovitelných zdrojů.

[9] Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2024/1788 ze dne 13. června 2024 o společných pravidlech pro vnitřní trhy s obnovitelným plynem, zemním plynem a vodíkem.

[10] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2024/1789 ze dne 13. června 2024 o vnitřních trzích s obnovitelným plynem, zemním plynem a vodíkem.

[11] Nařízení Komise v přenesené pravomoci (EU) 2025/2359, kterým se stanoví metodika pro posuzování úspor emisí skleníkových plynů z nízkouhlíkových paliv.

[12] Evropská komise: The Clean Industrial Deal: A joint roadmap for competitiveness and decarbonisation, COM(2025) 85 final, 26. února 2025; strategický rámec pro

propojení dekarbonizace, průmyslové konkurenceschopnosti, čistých technologií, dostupnější energie a podpory energeticky náročných odvětví.

Příloha B – Vazba požadavků OP TAK na obsah Akčního plánu

Tato příloha shrnuje orientační vazbu mezi hlavními požadavky projektového rámce OP TAK – Technologické platformy – výzva II a jednotlivými částmi Akčního plánu digitální a zelené transformace pro vodíkové technologie. Slouží jako pomůcka pro ověření, že dokument pokrývá klíčové tematické oblasti související s digitální a zelenou transformací, rozvojem technologické platformy, podporou malých a středních podniků, investičními potřebami, dovednostmi a navrženými opatřeními.

Požadavek / tematická oblast	Kde je pokryto v Akčním plánu	Poznámka
Zpracování Akčního plánu pro digitální a zelenou transformaci	Kapitola 2, zejména 2.1 a 2.3	Vymezuje účel, charakter a projektové ukotvení dokumentu.
Vazba na projekt OP TAK a roli technologické platformy	Kapitola 2.1, 2.2 a Tabulka 1	Uvádí projektový rámec, nositele dokumentu a roli HYTEP.
Veřejné představení a veřejná dostupnost Akčního plánu	Kapitola 2.7	Popisuje zveřejnění, komunikaci a práci s dokumentem po dokončení.
Analýza současného stavu vodíkového sektoru	Kapitoly 4, 5 a 6	Pokrývá současný stav, sektorové uplatnění, výzvy a VaV aktivity.
Zohlednění zelené transformace	Kapitoly 2.4, 4.1, 4.5, 5 a 9	Vodík je posuzován jako nástroj dekarbonizace a průmyslové transformace.
Zohlednění digitální transformace	Kapitoly 4.3, 5.1, 5.2, 5.5, 7.5 a 8.5	Řeší data, řízení provozu, certifikaci, interoperabilitu a kyberbezpečnost.
Identifikace systémových bariér	Kapitola 7, zejména 7.1–7.6 a 7.9	Shrnuje bariéry ve VaV, transferu, MSP, financování, digitalizaci a koordinaci.
Investiční potřeby sektoru	Kapitola 7.7 a Tabulka 13	Samostatně mapuje investiční potřeby vodíkového ekosystému.
Chybějící dovednosti a kompetence MSP	Kapitola 7.8 a Tabulka 14	Samostatně popisuje kompetenční deficity MSP a typy podpory.

Požadavek / tematická oblast	Kde je pokryto v Akčním plánu	Poznámka
Návrh opatření k řešení bariér	Kapitola 8, zejména 8.1–8.9	Převádí identifikované bariéry do návrhu opatření.
Implementační rámec, gestoři, horizonty a indikátory	Kapitola 8.8 a Tabulka 16	Obsahuje implementační matici pro hlavní oblasti opatření.
Doporučení pro rozhodovací orgány	Kapitola 9.2 a Tabulka 17	Shrnuje doporučení pro veřejnou správu a rozhodovací orgány.
Doporučení pro další činnost platformy HYTEP	Kapitola 9.3	Vymezuje navazující roli HYTEP jako koordinačního a odborného subjektu.
Průběžná aktualizace a monitoring	Kapitoly 2.7 a 8.8	Popisuje Akční plán jako živý dokument s průběžným vyhodnocováním.