



NÁRODNÍ CENTRUM
PRO ENERGETIKU II

CENTRUM POKROČILÝCH
JADERNÝCH TECHNOLOGIÍ II

5. 6. 2026

POLICY BRIEF NO. 01/2026

Číslo projektů:

TN02000025 (NCE II)

TN02000012 (CANUT II)

Hlavní řešitelé:

prof. Ing. Stanislav Mišák, Ph.D.

prof. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.

Tyto projekty jsou spolufinancovány se státní podporou
Technologické agentury ČR v rámci Programu Národní centra kompetence.

OBSAH

1	PREAMBULE	4
2	MANAŽERSKÉ SHRUTÍ	4
3	HLAVNÍ TECHNOLOGICKÉ SMĚRY, EKO-SOCIÁLNÍ PŘESAH	5
3.1	Hlavní technologické trendy A vazby na aktivity NCE II & CANUT II	5
3.1.1	Alternativní paliva (TA1: syntetická paliva, pokročilá biopaliva a vodík)	5
3.1.2	OBěhové hospodářství a energetické využití odpadů (TA2)	6
3.1.3	Obnovitelné zdroje energie a energetická účinnost (TA3)	6
3.1.4	Chytré sítě a energetické komunity (TB1–TB3)	7
3.1.5	Akumulace energie a energetická flexibilita (TC1–TC4)	8
3.1.6	Pokročilé jaderné technologie (TA4)	9
3.1.7	Bezpečnost a spolehlivost energetických systémů (TD1–TD3)	10
3.1.8	Společnost, odpady a udržitelnost (TE1–TE3)	10
3.1.9	Mezinárodní rámce a výhled ve výzkumu do roku 2035	11
3.2	Průřezová témata - vazba na priority ČR v oblasti výzkumu	12
3.2.1	Ekonomické, společenské a environmentální souvislosti energetických technologií	12
3.2.2	Výzkum a inovace	13
3.2.3	Společnost a životní prostředí	13
4	STRATEGICKÁ DOPORUČENÍ PRO TVŮRCE POLITIK	14
5	VÝZKUMNÁ PODPORA PŘENOSU ZNALOSTÍ DO PRAXE	16
6	VYBRANÉ ZKRATKY	17
7	PŘEHLED MEGATRENDŮ NCE II A CANUT II (TA1–TE3)	19
8	KLÍČOVÉ PODKLADY A POUŽITÁ LITERATURA	20
9	APPENDIX	22
10	PODĚKOVÁNÍ A PROHLÁŠENÍ	23

PREAMBULE

Centra kompetence NCE II a CANUT II vytvářejí odborné zázemí pro výzkum, vývoj a ověřování nových energetických technologií v oblasti jaderné i nejaderné energetiky. Jejich cílem je podporovat spolupráci mezi výzkumnou sférou a aplikačními partnery, rozvíjet technologické kompetence ČR a přispívat k odborné diskusi o technologických, ekonomických a společenských souvislostech energetické transformace.

MANAŽERSKÉ SHRUTÍ

Česká republika čelí v oblasti energetiky souběhu několika zásadních výzev: nutnosti dekarbonizace, posílení energetické bezpečnosti, modernizace infrastruktury, rozvoje nových technologií, zajištění kvalifikovaných lidských zdrojů a udržení konkurenceschopnosti průmyslu. Projekty NCE II a CANUT II přispívají k těmto tématům výzkumem v oblasti nejaderných i jaderných energetických technologií a jejich vazeb na průmysl a obecně na společnost.

Tento Policy Brief shrnuje současné hlavní technologické megatrendy relevantní pro českou energetiku do roku 2035. Mezi klíčové směry patří pokročilé jaderné technologie včetně SMR, obnovitelné zdroje energie, vodíkové technologie a alternativní paliva, akumulace energie, chytré sítě, energetické komunity, kybernetická a infrastrukturní bezpečnost, nové materiály, výkonová elektronika, umělá inteligence a environmentální a společenské aspekty energetické transformace.

Dokument vychází z výzkumných aktivit NCE II a CANUT II a zaměřuje se na tři typy výstupů: identifikaci technologických trendů, popis jejich

Přenos výzkumných poznatků směrem k aplikační sféře, veřejnému sektoru a dalším relevantním aktérům je chápán jako součást širšího procesu knowledge-to-policy a knowledge-to-practice, jehož cílem je poskytovat odborně podložené informace a analytické vstupy pro další diskusi a rozhodování.

Policy Brief je určen jako východisko pro další odbornou diskusi a může být v návaznosti na tuto diskusi dále rozvíjen a doplňován.

vazeb na výzkumné aktivity obou center a upozornění na bariéry nebo možné kolize mezi technologickým vývojem, regulačním prostředím a implementační praxí. Cílem není nahrazovat státní strategické dokumenty ani rozhodovací kompetence veřejné správy, ale poskytnout odborný a výzkumně podložený vstup pro další diskusi.

Z analýzy vyplývá, že energetická transformace nebude záviset pouze na dostupnosti jednotlivých technologií, ale také na schopnosti propojit výzkum, průmyslovou implementaci, infrastrukturu, legislativní rámec a vzdělávání. Významnými průřezovými tématy jsou zejména výkonové elektronické technologie, umělá inteligence a nové materiály, které se stávají podmínkou dalšího rozvoje moderních energetických systémů.

Doporučení dokumentu proto směřují zejména k posílení kontinuity výzkumných kapacit, lepšímu propojení výzkumu s potřebami průmyslu, identifikaci technologických a legislativních bariér, podpoře pilotních a demonstračních projektů, rozvoji kvalifikací a pravidelnému vyhodnocování technologické připravenosti klíčových řešení pro českou energetiku.

HLAVNÍ

TECHNOLOGICKÉ SMĚRY, EKO-SOCIÁLNÍ PŘESAŘ

3.1

HLAVNÍ TECHNOLOGICKÉ TRENDY A VAZBY NA AKTIVITY NCE II & CANUT II

Globálním megatrendem v energetice a průmyslu je dekarbonizace, tedy přechod k nízkoemisním zdrojům energie s cílem dosažení klimatické neutrality do roku 2050. Technologické inovace směřují k naplnění cílů Pařížské dohody a Zelené dohody pro Evropu (European Green Deal) a zároveň reagují na nové evropské legislativní iniciativy (např. Fit for 55, REPowerEU, Net-Zero Industry Act, Critical Raw Materials Act). V tomto kontextu se prosazuje několik klíčových technologických směrů – megatrendů – které jsou zároveň hlavními pilíři výzkumu projektů NCE II a CANUT II.

3.1.1

ALTERNATIVNÍ PALIVA (TA1: SYNTETICKÁ PALIVA, POKROČILÁ BIOPALIVA A VODÍK)

V řadě segmentů dopravy a průmyslu roste zájem o syntetická paliva, pokročilá biopaliva a obnovitelný či nízkouhlíkový vodík jako možné nástroje dekarbonizace (Pozn.: nízkouhlíkový vodík je v dokumentu používán jako širší pojem zahrnující i vodík vyráběný jinými nízkoemisními cestami než čistě RFNBO.) Míra technologické připravenosti, ekonomické konkurenceschopnosti i očekávaného budoucího nasazení se však mezi jednotlivými aplikacemi výrazně liší.

Syntetická paliva a biopaliva jsou již ve fázi ověřování (stupeň technologické připravenosti TRL ~7) a očekává se jejich masové nasazení kolem let 2030–2035, kdy by se jejich cena mohla přiblížit cenám fosilních paliv. Vodík vyráběný elektrolýzou (případně s využitím zachycování uhlíku u fosilních zdrojů) je další stěžejní oblast. Scénáře IEA a dalších mezinárodních studií upozorňují na možné napětí mezi očekávanou poptávkou po nízkouhlíkovém vodíku a rychlostí rozvoje výrobních a infrastrukturních kapacit po roce 2030. To podtrhuje nutnost navýšit výrobní kapacity a rozvíjet nové technologie produkce, uskladnění a distribuce H₂. EU stanovila regulační rámec jak pro obnovitelný vodík (RFNBO), tak postupně i pro nízkouhlíkový vodík, včetně návazných certifikačních a emisních požadavků.

NCE II rozvíjí pokročilé procesy CO₂-to-X, výrobu e-paliv a zeleného vodíku z OZE, zatímco CANUT II se zabývá možnostmi budoucí integrace jaderných zdrojů tepla a elektřiny do hybridních energetických systémů, včetně potenciálních vazeb na výrobu vodíku.

Tím oba projekty společně přispívají k naplnění megatrendu TA1 – Alternativní paliva, potažmo k rozvoji vodíkové ekonomiky a substituci fosilních paliv v ČR. Zvláštní důraz je kladen na vývoj nízkouhlíkového vodíku v souladu s evropskými požadavky na RFNBO a na provázání s plánovanými vodíkovými v ČR.

Provázání:

TA1 → vývoj e-paliv a CO₂-to-X procesů (NCE II); integrace tepla ze SMR a HTR pro vysokoteplotní elektrolýzu a syntézu paliv v hybridních jaderně-OZE systémech (CANUT II). Vodík → výzkum PEM a AEM elektrolýzy, lokální H₂ huby a modely vodíkových sítí (NCE II); stabilní jaderné zdroje tepla a elektřiny pro velkokapacitní výrobu H₂ (CANUT II). Infrastruktura → příprava na budoucí vodíkovody, bezpečnostní analýzy a materiály odolné vůči H₂ (NCE II + CANUT II). Regulační rámec → sladění české praxe s požadavky EU na RFNBO (2023/1184 a 2023/1185) a dopady na certifikaci výroby e-paliv a vodíku v ČR.

3.1.2

**OBĚHOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ
A ENERGETICKÉ VYUŽITÍ
ODPADŮ (TA2)**

Technologie pro přeměnu odpadů na energii a pokročilou recyklaci surovin nabývají na významu. Thermochemická konverze odpadů (např. pyrolýza, termolýza) představuje jeden z významně diskutovaných technologických směrů v oblasti energetického využití odpadů a cirkulární ekonomiky, která by po roce 2030 mohla být ve větší míře nasazena k produkci vodíku, syntetických paliv a tepla (TRL 7–9). Navazujícím trendem je pokročilá recyklace materiálů, například plastů – v současnosti se v EU recykluje jen ~38 % plastového odpadu. EU proto směřuje k zákazu skládkování využitelných odpadů do roku 2030, což vyžaduje zefektivnit stávající recyklační technologie (TRL 8–9) a vyvíjet nové. Klíčovou oblastí do budoucna je také recyklace lithium-iontových baterií z elektromobilů: masivnější potřeba nastane až po roce 2035 s dožitím první generace baterií, proto už nyní je nutné investovat do vývoje recyklačních procesů (aktuálně TRL ~4–5) pro získání cenných materiálů. Efektivní recyklace baterií může v budoucnu představovat významný ekonomický potenciál.

Do oblasti cirkulární ekonomiky patří i výzkum přepracování vyhořelého jaderného paliva. Pokročilé metody přepracování umožní využít zbytkový energetický potenciál paliva a omezit množství dlouhodobě skladovaných radioaktivních odpadů. Tyto technologie jsou již v omezené míře využívány v průmyslovém měřítku; ve střednědobém a dlouhodobém horizontu probíhá výzkum pokročilých technologií přepracování na bázi pyrochemických procesů, jejichž budoucí uplatnění bude záviset na technologickém, ekonomickém a regulatorním vývoji. Pro Českou republiku je relevantní také využití směsných jaderných paliv na bázi MOX, která jsou ve světě již rutinně aplikována. Jejich širší rozšíření je však limitováno vysokými náklady, komplexitou palivového cyklu a regulatorními požadavky.

V rámci aktivit NCE II jsou rozvíjeny a analyzovány vybrané technologické směry související s energetickým využitím odpadů, recyklací materiálů a získáváním strategických surovin. CANUT II navazuje výzkumem pokročilých materiálů pro jaderné technologie, využitelných i v zařízeních pro zpracování a ukládání radioaktivních odpadů a použitého jaderného paliva, včetně technologií pro uzavření palivového cyklu. Obě tyto linie společně naplňují princip cirkulární ekonomiky – transformaci odpadů na zdroje energie a materiálů.

Provázání:

TA3 → thermochemická konverze v pilotních linkách VŠB-TUO (NCE II); TA4 → materiálové modely a technologie pro zpracování radioaktivních odpadů a uzavření palivového cyklu (CANUT II); TC1–TC2 → recyklace baterií a získávání kritických surovin, vazba na rozvoj nových bateriových cyklů (NCE II); TC3 → integrace odpadního tepla a nízkopotenciálního tepla do tepelných sítí a průmyslových procesů (NCE II); TE2 → environmentální udržitelnost recyklačních technologií a minimalizace dopadů na životní prostředí.

3.1.3

**OBNOVITELNÉ ZDROJE
ENERGIE A ENERGETICKÁ
ÚČINNOST (TA3)**

Obnovitelné zdroje energie (OZE) – zejména solární, větrná, vodní a geotermální energetika – dnes patří k vyspělým a široce rozšířeným technologiím (TRL 9) a nadále výrazně porostou. Podíl větrné energetiky na výrobě elektřiny v ČR zůstává ve srovnání s řadou evropských zemí relativně nízký, ačkoli některé regiony disponují vhodnými podmínkami pro její další rozvoj. Pro Českou republiku to vytváří tlak na lepší využití domácího potenciálu: například větrné elektrárny aktuálně pokrývají jen ~1 % spotřeby elektřiny v ČR, ačkoli podmínky (např. na jižní Moravě či v pohraničních horách) jsou srovnatelné s regiony, kde je větrná energetika mnohem rozvířenější.

Součástí trendu je také využití odpadního tepla a zvyšování energetické účinnosti. Technologie pro zpětné získávání tepla – např. výměníky, rekuperační jednotky či ORC (Organic Rankine Cycle) – jsou komerčně dostupné a rychle se rozšiřují (očekává se růst trhu těchto technologií ze ~56 na 108 mld. USD v letech 2023–2031). Prioritou je dále zvyšovat účinnost těchto systémů, včetně nových aplikací (např. nasazování ORC mikroturbín k využití nízkopotenciálního tepla).

NCE II prostřednictvím VaV aktivit posiluje rozvoj solárních, větrných a geotermálních technologií, včetně hybridních instalací OZE + akumulace. CANUT II rozvíjí modely hybridních energetických systémů kombinujících jaderné zdroje (významná pozornost je věnována SMR) s OZE a akumulací, což umožní flexibilní výrobu elektřiny, tepla i vodíku. Oba projekty přispívají k výzkumu, ověřování a modelování technologických řešení souvisejících s megatrendem TA3 – obnovitelnými zdroji energie, energetickou účinností a hybridními energetickými systémy.

Provázání:

NCE II → pilotní projekty solárních a větrných systémů s bateriovými úložišti v komunitní energetice; CANUT II → využití tepla z jaderných zdrojů (vč. SMR) v CZT, hybridní konfigurace a optimalizace výroby jaderné zdroje (SMR) + OZE + akumulace; TB1–TB2 → integrace OZE do chytrých sítí a energetických komunit; TC3 → využití odpadního tepla a pokročilých tepelných akumulátorů; TE2 → posuzování environmentálních dopadů rozvoje OZE.

3.1.4

**CHYTRÉ SÍTĚ
A ENERGETICKÉ
KOMUNITY (TB1–TB3)**

Integrace velkého množství decentralizovaných zdrojů vyžaduje moderní energetické sítě s pokročilým řízením, a to na úrovni přenosové soustavy i distribučních, průmyslových a dalších proprietárních sítí. Technologie chytrých sítí (smart grids) řeší kolísání v síti při rostoucím podílu OZE – zahrnují např. výkonové polovodičové technologie, pokročilé regulátory a vybrané aplikace v energetice i sofistikovaný software pro řízení poptávky a nabídky v reálném čase. Tyto prvky již dosahují vysoké technologické úrovně (TRL 7–9) a jejich širší nasazení se očekává okolo roku 2028, souběžně s posilováním přenosové a distribuční infrastruktury.

S rozvojem decentralizace energetiky vznikají energetické komunity, které umožňují místním výrobcům a spotřebitelům sdílet energii v rámci lokálních sítí. V ČR byl nejprve legislativně zaveden rámec pro komunitní energetiku (tzv. Lex OZE II), na který navázal Lex OZE III přijatý v březnu 2025 – ten rozšiřuje možnosti agregace, flexibility a akumulace; v letech 2025–2026 probíhá implementace prováděcích předpisů a zprovoznění energetických DC systémů.

Komplexní energetické huby, pracující s různými druhy energie, nová média a infrastruktura pro jejich distribuci jsou dalším trendem: vedle potrubní distribuce vodíku (vodíkovody) se rozvíjejí také technologie přepravy a skladování vodíku, včetně kapalného vodíku, LOHC nosičů a hydridových systémů. Tyto technologie vyžadují značné investice do infrastruktury, ale jsou klíčové pro budoucí dodávky vodíku. V teplotě zároveň probíhá integrace OZE do soustav a přechod na nízkoteplotní dálkové vytápění – v pilotních instalacích se využívají solární termální systémy, velkokapacitní tepelná čerpadla či geotermální zdroje (aktuálně TRL ~7–8).

NCE II proto rozvíjí inteligentní řídicí systémy, prediktivní údržbu a energetické datové huby (vazba na Lex OZE III), zatímco CANUT II využívá digitální dvojčata a AI diagnostiku pro řízení velkých jaderných bloků i SMR. Oba projekty společně přispívají k rozvoji bezpečných, digitálně řízených a odolných energetických sítí propojujících decentralizované zdroje, akumulaci a pokročilé řídicí systémy.

Provázání:

TB1 → pokročilé řídicí systémy pro decentralizované zdroje a digitalizaci přenosu a distribuce; TB2 → modely energetických komunit, sdílení energie a agregace flexibility; TB3 → technologie pro distribuci vodíku a nízkoteplotního tepla; TC1–TC4 → integrace akumulace (bateriové, vodíkové, tepelné) do chytrých sítí; TD2–TD3 → kybernetická bezpečnost a prediktivní diagnostika kritické infrastruktury.

3.1.5

AKUMULACE ENERGIE A ENERGETICKÁ FLEXIBILITA (TC1–TC4)

Pro vyvážení výroby a spotřeby v nízkouhlíkové energetice jsou zásadní účinná úložiště energie. Perspektivní jsou nové generace baterií – například pevné (solid-state) lithium-iontové baterie s vyšší kapacitou a rychlejším nabíjením pro elektromobily. Tyto baterie jsou ve vývoji (aktuálně TRL 5–6, prototypy kolem roku 2025) a po roce 2030 by podle odhadů mohly umožnit dojezd elektromobilů až ~1200 km a plné nabití za ~10 minut. Pro velkokapacitní stacionární úložiště a stabilizaci sítí se zkoušejí vanadové redoxní průtočné baterie. Vanadové redoxní průtočné baterie již dosahují vyšších úrovní technologické připravenosti a jsou nasazovány v pilotních i komerčních aplikacích, zatímco některé další koncepty dlouhodobé akumulace, například Carnotovy baterie, zůstávají ve fázi intenzivního vývoje.

Ukládání energie ve vodíku představuje další variantu akumulace: dnes dominují vysokotlaké zásobníky (TRL 8–9), avšak vývoj směřuje k bezpečnějším a lehčím nádržím s tlakem až okolo 1000 bar využívajícím pokročilé oceli a kompozity – jejich nasazení se očekává do konce tohoto desetiletí (TRL 6–7). Tepelné akumulátory (TES) jsou taktéž rozvíjeny – stávající technologie (např. zásobníky horké vody, roztavených solí či materiálů s fázovou změnou) jsou často již komerčně dostupné (TRL 8–9) a trh tepelných úložišť roste cca 10 % ročně. Po roce 2030 se očekávají nové možnosti, jako ukládání tepla s teplotou >1000 °C pro průmyslové využití. Neméně důležité jsou i energeticky úsporné systémy a jejich řízení – pokročilé systémy řízení a optimalizace spotřeby energie (EMS) využívají digitální technologie k optimální regulaci spotřeby k optimální regulaci spotřeby v průmyslu, budovách i domácnostech. Tyto systémy jsou již dostupné (TRL 9) a jejich globální trh by měl do roku 2030 vzrůst z ~63 mld. USD na ~240 mld. USD (průměrně ~16 % ročně). Největší rozvoj se očekává v oblasti chytrého softwaru pro řízení energií, který umožní pokročilé řízení poptávky a zvyšování energetické účinnosti.

Aktivita NCE II se věnuje vybraným oblastem akumulace energie a souvisejícím technologickým směrům včetně bateriových systémů, tepelných akumulací a flexibility energetických soustav. CANUT II integruje akumulaci energie do modelů SMR a vyvíjí materiály odolné vůči radiaci, vysokým teplotám a cyklické zátěži. Společně tak naplňují megatrendy TC1–TC4 (akumulace elektřiny, vodíku, tepla a řízení spotřeby) a vytvářejí základy flexibilních a odolných energetických soustav.

Provázání:

TC1–TC2 → energetická úložiště pro elektromobilitu a stabilizaci sítí (NCE II); TC3 → akumulace tepla z průmyslových procesů a jaderných zdrojů; TC4 → energetický management budov, AI řízení poptávky; TA3 → synergické využití akumulace pro integraci OZE; TB1–TB3 → role akumulace v chytrých sítích a komunitní energetice.

3.1.6

POKROČILÉ JADERNÉ TECHNOLOGIE (TA4)

Malé modulární reaktory (SMR) patří k nejnámějším energetickým inovacím posledních dekád. Díky modularitě, nižším počátečním nákladům a vyšší bezpečnosti umožní flexibilní a decentralizovanou výrobu energie – nejen v elektroenergetice, ale i pro průmysl, dálkové teplo či produkci vodíku. Řada konceptů SMR prochází licencováním (např. Rolls-Royce SMR, GE BWRX300, NuScale VOYGR) a první komerční jednotky by mohly být v provozu již v průběhu 30. let 21. století. Do roku 2030 mají být spuštěny pilotní projekty SMR, což potvrdí jejich technickou a ekonomickou proveditelnost; do roku 2050 se předpokládá široké rozšíření flotily SMR globálně, včetně nasazení v hybridních energetických systémech spolu s OZE – SMR by tak mohly tvořit významnou část dekarbonizovaného energetického mixu.

Zároveň probíhá výzkum pokročilých reaktorů IV. generace – např. vysokoteplotních plynem chlazených reaktorů, sodíkem chlazených rychlých reaktorů nebo reaktorů s roztavenými solemi – které umožní vyšší účinnost a využití nových materiálů a chladiv. Po roce 2035 se počítá s jejich demonstračním nasazením, jelikož tyto směry jsou dosud v nižších fázích technologické připravenosti. Velmi významným výhledem je také jaderná fúze. Projekt ITER představuje významný milník směrem k demonstračnímu ověření jaderné fúze; případně širší energetické využití je však očekáváno až v dlouhodobém horizontu po roce 2040.

Bezpečnost zůstává klíčovým požadavkem jaderné i celé energetiky. Trendem je přechod k pasivním a inherentním bezpečnostním systémům (např. u SMR a reaktorů IV. generace) a využití pokročilých materiálů či odolných paliv ATF (Accident Tolerant Fuels) zvyšujících bezpečnost provozu. Tyto směry reflektují mezinárodní rámce (Úmluva o jaderné bezpečnosti, standardy a návody MAAE). S rostoucí digitalizací zároveň narůstá důraz na ochranu řídicích systémů

a infrastruktury – kybernetická bezpečnost energetických sítí a jaderných zařízení se do roku 2050 stane nedílnou součástí jejich architektury. Využívají se i autonomní AI systémy schopné v reálném čase detekovat a neutralizovat kybernetické útoky.

CANUT II rozvíjí malé modulární reaktory (SMR), nové palivové cykly a materiály s cílem zvýšit bezpečnost, účinnost a spolehlivost jaderné energetiky. Projekt rovněž zkoumá možnosti využití jaderné energie pro podporu procesů zachytávání a využití CO₂ (CCUS) v rámci dekarbonizace průmyslu. Současně CANUT II rozvíjí digitalizaci a umělou inteligenci – např. prediktivní údržbu, autonomní řízení reaktorů a kybernetickou ochranu kritické infrastruktury, s inspirací v jiných odvětvích energetiky.

Provázání:

TD1 → SMR jako stabilní zdroj energie pro CCU a syntetická paliva; TC2–TC3 → využití jaderného tepla pro elektrolyzu a akumulaci tepla; TA1 → podpora výroby vodíku a e-paliv pomocí vysokoteplotních SMR; TA3 → hybridní systémy SMR + OZE; TA2 → pokročilé palivové cykly, pyroprocesy a zpracování odpadů; TA1 → AI algoritmy pro digitální dvojčata a řízení jaderných i hybridních systémů.

3.1.7

**BEZPEČNOST A SPOLEHLIVOST
ENERGETICKÝCH SYSTÉMŮ
(TD1–TD3)**

Megatrendy TD reflektují rostoucí potřebu odolné a bezpečné energetiky. TD1 – jaderná bezpečnost směřuje k využívání pasivních bezpečnostních systémů (zejména u SMR a reaktorů IV. generace) a odolných paliv ATF; technologie jsou široce ověřené (TRL 9) a navazující inovace probíhají v rámci testování. TD2 – kybernetická a infrastrukturní bezpečnost reaguje na digitalizaci energetiky: do roku 2030 se sjednotí evropské standardy ochrany řídicích systémů a do roku 2050 bude kyberbezpečnost plně integrována do architektury energetických sítí (také TRL 9). TD3 – senzory a prediktivní diagnostika využívají pokročilé sensorové sítě, digitální dvojčata a AI k včasné detekci poruch; technologie jsou dostupné (TRL 8), ale plošná integrace zatím postupuje postupně.

NCE II a CANUT II TD megatrendy naplňují vývojem digitálních dvojčat, prediktivní diagnostiky pro SMR, bezpečnostních prvků a pokročilých systémů řízení i ochrany kritické infrastruktury.

Provázání:

TD1 → pasivní bezpečnostní systémy SMR, testování ATF, bezpečnostní scénáře; TD2 → kybernetická bezpečnost sítí, digitalizace dispečinku, ochrana řídicích systémů SMR; TD3 → prediktivní diagnostika turbín, výměníků, elektrolyzérů i SMR, pokročilé senzory; TB1–TB3 → posílení bezpečnosti chytrých sítí a komunitních systémů; TC1–TC4 → diagnostika úložišť energie a bateriových systémů.

3.1.8

**SPOLEČNOST, ODPADY
A UDRŽITELNOST
(TE1–TE3)**

Megatrendy TE rozšiřují technologický pohled o dlouhodobé dopady na prostředí a společnost. TE1 – odpady a decommissioning zahrnuje bezpečné nakládání s energetickými odpady (včetně radioaktivních), vývoj hlubinného úložiště (v ČR rozhodnutí o lokalitě do 2030) a výzkum uzavírání palivového cyklu; klíčové procesy mají TRL 9, pokročilé pyrochemické metody a transmutace jsou na nižším TRL. TE2 – environmentální dopady a udržitelnost řeší minimalizaci dopadů OZE, vodíku a baterií na životní prostředí prostřednictvím cirkulárního designu a recyklace; tradiční recyklační technologie jsou vyspělé, avšak nové materiály (kompozity, solární panely, Li-ion baterie) vyžadují vývoj (TRL 7). TE3 – společenská akceptace zdůrazňuje transparentní komunikaci, participativní plánování a využití digitálních nástrojů (AI vizualizace) v souladu s Aarhouskou úmluvou; technologie participace mají TRL 8, výzvou je jejich systematické používání.

NCE II a CANUT II megatrendy TE podporují výzkumem recyklace baterií, materiálového cyklu jaderné energetiky, socioekonomických analýz a participativních přístupů v transformujících se regionech.

Provázání:

TE1 → výzkum recyklace a přepracování Li-ion baterií (NCE II), technologie pro nakládání s radioaktivními odpady a uzavření palivového cyklu (CANUT II); TE2 → hodnocení environmentálních dopadů OZE, vodíkových technologií a jaderných systémů; TE3 → socioekonomické modely transformace regionů, participace veřejnosti v projektech OZE, H₂ hubů a SMR; TA2 → cirkulární řešení pro odpady a suroviny; TA4 → posouzení udržitelnosti jaderných technologií.

3.1.9

**MEZINÁRODNÍ RÁMCE
A VÝHLED VE VÝZKUMU
DO ROKU 2035**

Uvedené technologické megatrendy představují pro Českou republiku velkou výzvu, ale zároveň i šanci. Jsou úzce provázány s mezinárodními klimaticko-energetickými cíli. ČR jako otevřená ekonomika musí systematicky monitorovat globální vývoj a adekvátně reagovat. Aktivity NCE II a CANUT II společně pokrývají celý soubor megatrendů TA1–TE3 a v praxi pomáhají naplňovat cíle dekarbonizace a energetické suverenity ČR. Zatímco NCE II se zaměřuje na nejadernou část nízkouhlíkové energetiky a infrastruktury, CANUT II zajišťuje jaderný a materiálový pilíř. Obě platformy tak tvoří integrovaný ekosystém excelence a přenosu znalostí napojený na národní i evropské rámce (aktualizovaná Státní energetická koncepce 2024, NEKP 2030, evropské iniciativy jako NZIA, CRMA aj.).

Česká republika se při formování politik opírá o Pařížskou dohodu, Evropský Green Deal, balík Fit for 55 či plán REPowerEU. Tyto rámce definují milníky jako konec uhlí v energetice, rozvoj elektromobility do 2035 či zvýšení energetické účinnosti do 2030. Uvedené technologické trendy – syntetická paliva, vodík, CCUS, AI, OZE, akumulace – synergicky směřují k naplnění těchto cílů. Pro výzkum v ČR z toho vyplývají následující priority: (i) zaměřit se na vodíkové technologie, nové bateriové materiály, digitální dvojčata a AI, recyklační procesy a pokročilé materiály; (ii) provázat národní strategie (SEK 2024, klimatickou strategii, RIS3) s evropskými iniciativami (NZIA, CRMA ad.); (iii) budovat pilotní provozy (e-paliva, H₂ huby, smart-grid regiony, geologické úložiště CO₂); (iv) zavést pravidelný technologický foresight.

Detailní výhled do 2035:

Syntetická paliva mohou po roce 2030 významně posílit zejména v segmentech obtížně elektrifikovatelné dopravy a vybraných průmyslových aplikacích.

Solid-state baterie běžně používané v EV (po 2030; dojezdy ~1200 km, ultrarychlé nabíjení ~10 min).

Vanadové redoxní, Carnotovy a další dlouhodobé baterie využívány pro stabilizaci sítí (po 2030; nasazení s rostoucím podílem OZE).

Recyklace Li-ion baterií se stává standardem (po 2035; zpracování velkého objemu akumulátorů z EV).

První SMR v Evropě v provozu (během 30. let); fúzní energetika dosahuje demonstrační fáze (~2040).

Provoz stávajících jaderných elektráren se prodlužuje nad 60 let (probíhá postupná modernizace a dožívání bloků).

Komunitní energetika v ČR funguje naplno (po 2028).

Vodíková infrastruktura v pilotním provozu (vodíkovody, H₂ huby).

Nové koncepce a technologie (zejména výkonové polovodičové technologie a ICT) pro elektrické sítě (přenos i distribuce).

3.2

PRŮŘEZOVÁ TÉMATA – VAZBA NA PRIORITY ČR V OBLASTI VÝZKUMU

Vedle jednotlivých technologických megatrendů lze identifikovat několik průřezových oblastí, které významně ovlivňují budoucí podobu moderní energetiky a současně propojují energetický výzkum s dalšími strategickými směry výzkumu, vývoje a inovací v ČR. Mezi nejvýznamnější patří zejména výkonové elektronické technologie a výkonové polovodiče, umělá inteligence, digitalizace, pokročilé materiály a systémy řízení energie.

Tyto oblasti mají v energetice dvojí roli. Na jedné straně umožňují rozvoj nových energetických technologií a zvyšování flexibility, bezpečnosti, účinnosti a odolnosti energetických systémů. Na straně druhé právě energetika vytváří nezbytné infrastrukturní podmínky pro rozvoj dalších technologických oblastí, například datových center, AI infrastruktury, výkonových polovodičových aplikací nebo pokročilé průmyslové digitalizace.

Výzkumné aktivity realizované v rámci NCE II a CANUT II proto reflektují rostoucí technologickou provázanost energetiky s dalšími strategickými oblastmi VaVal. Cílem není vytvářet nové institucionální priority, ale identifikovat technologické vazby a směry, které mohou být významné pro dlouhodobou konkurenceschopnost, bezpečnost a technologickou připravenost České republiky.

3.2.1

EKONOMICKÉ, SPOLEČENSKÉ A ENVIRONMENTÁLNÍ SOUVISLOSTI ENERGETICKÝCH TECHNOLOGIÍ

Uvedené technologické trendy představují pro ČR významné ekonomické příležitosti. Globální přechod k čisté energetice má odhadovaný tržní potenciál kolem 27 bilionů USD v letech 2020–2040, což signalizuje obrovské nové trhy, do nichž se mohou zapojit i české firmy. Například rozvoj vodíkového hospodářství může v ČR otevřít zcela nový průmyslový segment – od výroby a distribuce vodíku až po jeho využití v dopravě a chemickém průmyslu. Zapojení domácích podniků do produkce syntetických paliv, výroby baterií či recyklačních technologií může podpořit export a vznik kvalifikovaných pracovních míst. Nezanedbatelný je i vliv inovací na energetickou bezpečnost státu – vyšší využití domácích OZE, odpadů a nových paliv může snížit závislost na dovozu fosilních surovin a stabilizovat ceny energie v ekonomice.

Dimenze odolnosti a obrany: energetická infrastruktura se stává strategickým prvkem národní bezpečnosti. Energetická infrastruktura se stává důležitou součástí kritické infrastruktury státu a její stabilita je podmínkou fungování průmyslu, zdravotnictví, dopravy i bezpečnostních složek. Širší škála výrobního mixu, včetně nízkoemisních a decentralizovaných zdrojů přispívá ke zvýšení energetické bezpečnosti a flexibility energetického systému ČR. Současně se rozvíjejí technologie a scénáře umožňující omezený ostrovní provoz vybraných částí infrastruktury v mimořádných situacích. Rostoucí digitalizace energetiky zároveň zvyšuje význam kybernetické bezpečnosti a ochrany kritických energetických systémů. Výzkum v rámci NCE II a CANUT II se proto zaměřuje i na technologie dvojího užití (civilní i obranné) a na modelování krizových scénářů z pohledu energetické bezpečnosti státu.

3.2.2

VÝZKUM A INOVACE

Český výzkumný potenciál má šanci profilovat se v oborech spjatých s nastupující energetickou transformací. Národní projekty jako NCE II a CANUT II již cílí na témata typu bezpečné nakládání s odpady, environmentální technologie či společenská akceptace nových zdrojů – tedy oblasti pokrývající i doplňkové megatrendy TE1–TE3. Tím vzniká znalostní základna, kterou lze dále rozvíjet a využít. Česká vědecká pracoviště se mohou intenzivněji zapojit do mezinárodních výzkumných iniciativ (Horizont Evropa, partnerství Clean Energy Transition apod.) zaměřených na vodík, baterie, inteligentní sítě, SMR a další perspektivní oblasti. Významnou příležitostí pro ČR je využít své tradiční silné stránky – např. elektrotechnický průmysl, strojírenství a chemický průmysl – pro vývoj komponent OZE, technologií CCUS, výkonových elektronických technologií, modulárních jaderných reaktorů či softwaru pro řízení energií a AI. Propojení akademického výzkumu s průmyslem (klastry, inovační platformy) může urychlit aplikaci nových poznatků do praxe. Klíčové je také zaměření národní inovační politiky: dle aktualizované RIS3 strategie je třeba podporovat obory s vysokou přidanou hodnotou v souladu s globálními trendy, aby výzkum pomohl zvýšit konkurenceschopnost ČR v měnících se mezinárodních podmínkách.

3.2.3

SPOLEČNOST A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Přechod k novým energetickým technologiím má významné společenské dopady – přináší řadu pozitiv, ale i výzev. Pozitivně lze očekávat zlepšení kvality ovzduší a životního prostředí (pokles emisí, méně odpadů díky recyklaci), což prospívá veřejnému zdraví i kvalitě života obyvatel. Inovace v energetice zároveň mohou podpořit regionální rozvoj – instalace OZE a rozvoj komunitní

energetiky mohou generovat příjmy pro obce a posílit jejich energetickou soběstačnost. V České republice byl přijat právní rámec (Lex OZE II v roce 2023 a Lex OZE III v roce 2025) na podporu energetických společenství, což umožní obcím a občanům více se podílet na energetických projektech. Ve vyspělých zemích se komunitní energetika a lokální sdílení energie postupně stávají významnou součástí decentralizované energetiky, zejména z pohledu zapojení zákazníků, flexibility a lokální optimalizace spotřeby. Současně se však ukazuje, že samotné sdílení energie nemůže nahradit potřebu rozsáhlých investic do přenosové a distribuční infrastruktury, řízení sítí a systémových služeb. V ČR se očekává postupný rozvoj komunitních projektů po roce 2028 v návaznosti na implementaci regulatorního a infrastrukturního rámce.

Nutná je však široká společenská akceptace nových řešení (větrné elektrárny, úložiště CO₂, jaderné zdroje apod.), která vyžaduje transparentní plánování a komunikaci s veřejností. Roste potřeba včasného zapojení stakeholderů do rozhodování – megatrendem jsou participativní metody a digitální nástroje (např. vizualizace pomocí AI simulací) pro zvyšování důvěry veřejnosti. Tento princip je zakotven i v Aarhuské úmluvě (1998), která garantuje práva veřejnosti na informace a účast v rozhodování o environmentálních otázkách. Příkladem je nutnost zohlednit názory místních obyvatel při rozvoji např. větrných parků či hlubinných úložišť.

Zásadní bude také příprava lidských zdrojů na nové kvalifikace: transformace energetiky a průmyslu přinese poptávku po expertech na elektroenergetiku, výkonovou elektroniku, ICT, AI, vodíkové technologie, datových analytících, technických pro OZE apod. Proto je nutné investovat do vzdělávání a rekvalifikací, aby přechod proběhl sociálně citlivě a nevytvářel regionální nerovnosti (např. v uhelných regionech). Realizace uvedených trendů je zároveň klíčová pro plnění mezinárodních klimatických závazků ČR – má širší společenský přínos v podobě zmírnění změny klimatu a snížení environmentálních rizik.

STRATEGICKÁ DOPORUČENÍ PRO TVŮRCE POLITIK

ZAJISTIT KONTINUITU VÝZKUMNÝCH KAPACIT V KLÍČOVÝCH ENERGETICKÝCH TECHNOLOGIÍCH.

Energetická transformace vyžaduje dlouhodobě rozvíjené odborné týmy, experimentální infrastrukturu a vazby mezi výzkumem a aplikační sférou. Po skončení jednotlivých projektových cyklů je vhodné zajistit takové podmínky, aby nedocházelo ke ztrátě unikátních znalostí, rozpadům týmů a přerušení vývoje technologií, které již prokázaly aplikační potenciál. Důraz by měl být kladen na pravidelné hodnocení výsledků, reálný dopad do energetiky a zapojení aplikačních partnerů.

LÉPE PROPOJIT ENERGETICKÉ TECHNOLOGIE S EXISTUJÍCÍMI STRATEGICKÝMI PRIORITYMI VÝZKUMU A INOVACÍ.

Energetika má přímou vazbu na AI, výkonové polovodiče, pokročilé materiály, digitalizaci, kybernetickou bezpečnost i kvantové technologie. Doporučuje se proto systematicky promítat energetické aplikace do existujících národních strategií a programů VaVal, zejména tam, kde energetické technologie vytvářejí podmínky pro rozvoj průmyslu, infrastruktury a bezpečnosti státu.

ZAMĚŘIT VEŘEJNOU PODPORU VÝZKUMU A INOVACÍ NA KLÍČOVÉ SMĚRY ENERGETICKÉ TRANSFORMACE.

Průběžně vyhodnocovat, zda priority národních programů VaVal a související nástroje podpory dostatečně reflektují vývoj hlavních technologických trendů v energetice. To zahrnuje zejména výzkum alternativních paliv a vodíku (hrozící převis poptávky po H₂ do 2030), nových systémů akumulace energie, CCUS, AI, výkonových elektronických technologií, nových materiálů a pokročilých jaderných technologií včetně SMR. Cílené programy mohou akcelarovat prototypy a pilotní projekty napříč těmito oblastmi, včetně výzkumu bezpečnosti a digitálního řízení jaderných zařízení.

ROZVÍJET INFRASTRUKTURU PRO NOVÉ ENERGIE A MODERNIZOVAT LEGISLATIVU.

Strategicky plánovat a investovat do elektrických sítí (přenosových i distribučních), vodíkovodů, integrace nabíjecích stanic, úložišť a modernizace teplotních sítí. Současně upravit legislativní rámec pro nasazení SMR a jejich integraci do energetických soustav, včetně implementace principů Net-Zero Industry Act a zjednodušení povolovacích procedur v oblasti jaderných zařízení nové generace.

PODPOROVAT IMPLEMENTACI OBĚHOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ A SNIŽOVÁNÍ ODPADU.

Zavést zákaz skládkování využitelných odpadů do 2030 a motivovat investice do recyklace. V oblasti jaderné energetiky podpořit výzkum materiálového cyklu včetně odolných kompozitů a technologií dekontaminace či opětovného využití konstrukčních materiálů, např. v rámci SMR a dekontaminačních provozů. Odblokovat potenciál OZE a akumulace v ČR. Rozvíjet potenciál OZE a akumulace v ČR a postupně odstraňovat administrativní a infrastrukturní bariéry jejich implementace. Současně rozvíjet hybridní systémy OZE-SMR s cílem optimalizovat flexibilní a bezpečné dodávky energie, včetně podpory tepelné akumulace z jaderných zdrojů a jejich zapojení do smart-grid řešení.

ANALYZOVAT NOVÉ TRENDY V PRŮMYSLU (ČISTÁ MOBILITA, PRŮMYSL 4.0).

Připravit průmysl na nové emisní a technologické standardy (AFIR, CBAM, ReFuelEU). Rozšířit investiční nástroje i na aplikace nízkouhlíkového jaderného tepla pro průmyslové procesy a podporovat využití SMR např. pro výrobu vodíku a syntetických paliv v souladu s evropskými standardy (RFNBO, RED III).

ZAJISTIT PROVÁZANOST S EVROPSKÝMI POLITIKAMI A FINANCOVÁNÍ Z EU.

Využít NZIA a CRMA pro rychlejší povolování a financování projektů – včetně demonstračních jednotek SMR, vývoje palivových cyklů a navazujících hybridních řešení jádro-OZE. Vytvořit meziresortní rámec pro koordinaci financování demonstračních, infrastrukturních a pilotních projektů v oblasti nízkouhlíkových energetických technologií s využitím nástrojů EU, zejména Modernizačního a Inovačního fondu.

PRAVIDELNĚ VYHODNOCOVAT TECHNOLOGICKOU PŘIPRAVENOST A IMPLEMENTAČNÍ BARIÉRY.

U vybraných technologií je vhodné v pravidelných intervalech vyhodnocovat jejich technologickou připravenost, ekonomickou proveditelnost, infrastrukturní nároky, legislativní bariéry a potenciální dopady na energetický systém ČR. Takové vyhodnocení může sloužit jako odborný vstup pro veřejnou správu, regulátory, průmysl i výzkumné organizace.

POSÍLIT DIMENZI ENERGETICKÉ ODOLNOSTI KRITICKÉ INFRASTRUKTURY.

V mezinárodní diskusi se objevují úvahy o využití stabilních nízkoemisních zdrojů, včetně SMR, pro posílení energetické bezpečnosti a odolnosti vybraných částí kritické infrastruktury v mimořádných situacích.

POSÍLIT VZDĚLÁVÁNÍ A KVALIFIKACE PRO TRANSFORMUJÍCÍ SE ENERGETIKU.

Transformace bude vyžadovat nové profily – kromě odborníků na OZE, akumulaci a datovou analytiku je nutné připravit generaci inženýrů pro výkonové elektronické technologie, AI, návrh, provoz a údržbu SMR a dalších pokročilých jaderných technologií. Vzdělávací systém a rekvalifikační programy musí tuto poptávku včas reflektovat.

VÝZKUMNÁ PODPORA

PŘENOSU ZNALOSTÍ

DO PRAXE

Projekty NCE II a CANUT II vytvářejí výzkumné výstupy využitelné pro aplikační sféru, veřejný sektor i širší odbornou diskusi. Patří mezi ně zejména experimentální výsledky, technologické analýzy, hodnocení TRL, identifikace bariér, scénáře využití vybraných technologií a doporučení pro další výzkum a pilotní ověřování.

Přenos těchto poznatků do praxe má mít podpůrný charakter. Výzkumné týmy poskytují data, analýzy a odborné interpretace; jejich další využití ve strategických dokumentech, regulačních úpravách nebo investičních rozhodnutích je v kompetenci příslušných orgánů veřejné správy, regulatorních institucí, průmyslových subjektů a dalších odpovědných aktérů.

Pro další práci se doporučuje využívat zejména tyto formy výstupů:

stručné tematické přehledy technologických trendů,

analýzy připravenosti vybraných technologií k pilotnímu nebo komerčnímu nasazení,

identifikaci legislativních, infrastrukturních a tržních bariér,

podklady pro odbornou diskusi s aplikačními partnery a veřejnou správou,

shrnutí výsledků pracovních balíčků s důrazem na aplikační potenciál.

Všechny výstupy jsou zveřejňovány transparentně v souladu s principy otevřené vědy (Open Research Europe standard, FAIR principy) s výjimkou informací citlivých z hlediska bezpečnosti státu nebo ochrany duševního vlastnictví. Metodika, datové zdroje a výsledky jsou otevřeny pro peer-review a odbornou diskusi.

VYBRANÉ ZKRATKY

NCE II	Národní centrum pro energetiku II (TN02000025)	ERÚ	Energetický regulační úřad
CANUT II	Centrum pokročilých jaderných technologií II (TN020000012)	CBA	Cost-Benefit Analysis (analýza nákladů a přínosů)
KAE	Koordinálně-analytická entita (pověřena ČEPS, vl. usnesení č. 494/2025) — koordinátor přenosu VaV výsledků do státních strategických dokumentů	RAO	Radioaktivní odpad
SEK	Státní energetická koncepce ČR	EMS	Energy Management System
NEKP	Národní energeticko-klimatický plán	AFIR	Alternative Fuels Infrastructure Regulation Nařízení EU o rozvoji infrastruktury pro alternativní paliva
SMR	Small Modular Reactor (malý modulární reaktor)	AI	Artificial Intelligence Umělá inteligence
OZE	Obnovitelné zdroje energie	CBAM	Carbon Border Adjustment Mechanism Uhlíkový vyrovnávací mechanismus na hranicích EU
TRL	Technology Readiness Level (stupeň technologické připravenosti)	CCUS	Carbon Capture, Utilization and Storage Zachytávání, využití a ukládání CO ₂
NZIA	Net-Zero Industry Act (EU)	CEET	Centre for Energy and Environmental Technologies Centrum energetických a environmentálních technologií (VŠB-TUO)
CRMA	Critical Raw Materials Act (EU)	CZT	Centrální zásobování teplem
RFNBO	Renewable Fuels of Non-Biological Origin	DAC	Direct Air Capture Zachytávání CO ₂ přímo ze vzduchu
VaVaI	Výzkum, vývoj a inovace	DSO	Distribution System Operator Provozovatel distribuční soustavy
RIS3	Národní strategie inteligentní specializace		
ČEPS	Česká přenosová soustava, a.s.		

EU ETS	European Union Emissions Trading System Systém obchodování s emisními povolenkami EU	ORC	Organic Rankine Cycle Technologie pro využití nízkopotenciálního tepla
H₂	Vodík	QFB	Quarterly Foresight Brief Čtvrtletní přehled technologických trendů a jejich dopadu na energetiku ČR
IEA	International Energy Agency Mezinárodní agentura pro energii	RED III	Renewable Energy Directive III Směrnice EU o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů
LCOE/LCOS	Levelized Cost of Energy / Storage Vyrovnané jednotkové náklady na energii / akumulaci	ReFuelEU	ReFuelEU Aviation Regulation Nařízení o udržitelných leteckých palivech
LDES	Long-Duration Energy Storage Dlouhodobá akumulace energie	SFDI	Státní fond dopravní infrastruktury
LOHC	Liquid Organic Hydrogen Carrier Organický nosič vodíku v kapalné formě	TA ČR	Technologická agentura České republiky
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR	TES	Thermal Energy Storage Tepelná akumulace energie
MO	Ministerstvo obrany ČR	Lex OZE II/III	Národní legislativa pro rozvoj obnovitelných zdrojů energie a komunitní energetiky
MV	Ministerstvo vnitra ČR		
MŽP	Ministerstvo životního prostředí ČR		
MYRRHA	Multi-purpose Hybrid Research Reactor for High-tech Applications		

PŘEHLED MEGATRENDŮ

NCE II A CANUT II

(TA1-TE3)

TA Konverze energie	TA	Konverze energie
	TA1	Alternativní paliva (syntetická paliva, biopaliva, vodík)
	TA2	Oběhové hospodářství a energetické využití odpadů
	TA3	Obnovitelné zdroje energie a energetická účinnost
TB Přenos a distribuce energie	TA4	Pokročilé jaderné technologie (SMR, Gen IV, fúze)
	TB	Přenos a distribuce energie
	TB1	Chytré sítě a modernizace přenosu
	TB2	Decentralizace a energetické komunity
TC Akumulace a užití energie	TB3	Vodík a nízkoteplotní teplárenství – nová distribuční média
	TC	Akumulace a užití energie
	TC1	Nové generace baterií (elektromobilita i sítě)
	TC2	Vodíkové zásobníky a technologie
TD Bezpečnost energetických systémů	TC3	Tepelné akumulátory (průmysl, CZT)
	TC4	Energetické úspory a EMS (řízení spotřeby)
	TD	Bezpečnost energetických systémů
	TD1	Jaderná bezpečnost a pasivní prvky (ATF paliva)
TE Environmentální a společenské aspekty	TD2	Kybernetická a infrastrukturní bezpečnost
	TD3	Senzory, digitální dvojčata a prediktivní diagnostika
	TE	Environmentální a společenské aspekty
	TE1	Nakládání s odpady a decommissioning
	TE2	Environmentální dopady a udržitelnost
	TE3	Společenská akceptace a zapojení veřejnosti

KLÍČOVÉ PODKLADY

A POUŽITÁ LITERATURA

Primární zdroje:

Studie technologických trendů v kontextu strategie NCE II – revize 8 (2024), VŠB-TUO / CEET.

Interní data CEET / NCE II / CANUT II (2023–2025) — průběžné výsledky WP 1–6.

Státní energetická koncepce ČR (aktualizace 2024, MPO).

Národní energeticko-klimatický plán (NEKP) 2024–2030.

Lex OZE III (2025) — zákon o komunitní energetice a agregaci flexibility.

Národní RIS3 Strategie 2021+ (MŠMT/RVVI).

Vládní usnesení č. 494/2025 — ustavení KAE (Koordináčně-analytické entity).

Národní strategie umělé inteligence České republiky 2030 (NAIS 2030) — vl. usn. č. 520/2024, MPO, 24. 7. 2024.

Národní polovodičová strategie ČR — MPO, 10. 10. 2024.

Národní strategie pro kvantové technologie 2026+ — vl. usn. 2. 7. 2025.

Program TWIST (AI, polovodiče, kvantové technologie) — MPO, 5 mld. Kč, 2025–2031; součást iniciativy Digitální Česko.

Primární projektové a analytické podklady (doplněno):

NCK – Osnova povinného výsledku strategického dílčího projektu, TA ČR (2023).

Poznámky k Policy Brief (TA ČR 2023) – metodické doporučení pro aplikační výstupy VaVal.

Klíčová legislativa EU:

Regulation (EU) 2024/1028 — Net-Zero Industry Act (NZIA).

Regulation (EU) 2024/1252 — Critical Raw Materials Act (CRMA).

Directive (EU) 2023/2413 — RED III (obnovitelná energie).

Delegated Regulations (EU) 2023/1184 & 1185 — RFNBO kritéria.

Regulation (EU) 2023/1804 — AFIR (alternativní paliva, infrastruktura).

Regulation (EU) 2023/956 — CBAM (uhlíkový vyrovnávací mechanismus).

Regulation (EU) 2023/2405 — ReFuelEU Aviation.

Regulation (EU) 2023/1805 — FuelEU Maritime.

Directive (EU) 2024/1275 — EPBD Recast (energetická náročnost budov).

REPowerEU Plan — COM(2022) 230 final.

European Green Deal — COM(2019) 640 final.

Fit for 55 package — komplex legislativních návrhů EU (2021–2023).

Vybrané odborné zdroje:

IEA — Global Hydrogen Review (2023); IEA — Energy Storage Report (2024).

IEA — Net Zero by 2050 (Scenario, 2024 update).

OECD — Science, Technology and Innovation Outlook (2024).

JRC — Clean Energy Technology Observatory (2023).

World Bank — Energy Transition Outlook (2023).

Vědecké zdroje (výběr):

Alam, G. et al. (2022). Applications of artificial intelligence in water treatment for optimization and automation of adsorption processes. CHEMICAL ENGINEERING JOURNAL, 427.

Alavi, B. et al. (2021). A Dynamic Decision Support System for Sustainable Supplier Selection in Circular Economy. SUSTAINABILITY, 13(8).

Baeyens, J. et al. (2020). Reviewing the potential of bio-hydrogen production by fermentation. RENEWABLE AND SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS, 131.

Bogachuk, D. et al. (2022). Digital Twins of Perovskite Solar Cells — Matching Potentials. SOLAR RRL, 6(8).

Breyer, C. et al. (2022). On the History and Future of 100% Renewable Energy Systems Research. IEEE ACCESS, 10, 78176–78218. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3193402>

Cavus, M. et al. (2025). Next Generation of Electric Vehicles: AI-Driven Approaches for Predictive Maintenance. ENERGIES, 18(3).

Eshetu, G. G. et al. (2021). Production of high-energy Li-intercalation compounds for use in Li-ion cells. ANGEWANDTE CHEMIE, 60(8).

Fan, J.-L. et al. (2023). A net-zero emissions strategy for China's power sector using carbon capture and storage. ISCIENCE, 26(3).

Frith, J. T. T. et al. (2023). A non-academic perspective on the future of lithium-based batteries. NATURE COMMUNICATIONS, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-023-35933-2>

Gao, Z. & Liu, X. (2021). An Overview on Fault Diagnosis, Prognosis and Resilient Control for Wind Turbine Systems. PROCESSES, 9(2).

Ines, C. et al. (2020). Regulatory challenges and opportunities for collective renewable energy prosumers in the EU. ENERGY POLICY, 138.

Khenkin, M. V. et al. (2020). Consensus statement for stability assessment and reporting for perovskite photovoltaics. NATURE ENERGY, 5(1).

Kober, T. et al. (2020). Global energy perspectives to 2060 —

WEC's World Energy Scenarios. ENERGY STRATEGY REVIEWS, 31.

Kohse-Hoeinghaus, K. (2023). Combustion, Chemistry, and Carbon Neutrality. CHEMICAL REVIEWS, 123(8).

Lebrouhi, B. E. et al. (2022). Global hydrogen development — A technological and geopolitical overview. INTERNATIONAL JOURNAL OF HYDROGEN ENERGY, 47(11).

Lin, J. et al. (2021). A review on recent progress, challenges and perspective of battery thermal management system. INTERNATIONAL JOURNAL OF HEAT AND MASS TRANSFER, 167.

Menye, J. S. et al. (2025). Lithium Battery Degradation and Failure Mechanisms: A State-of-the-Art Review. ENERGIES, 18(5).

Odenweller, A. et al. (2022). Probabilistic feasibility space of scaling up green hydrogen supply. NATURE ENERGY, 7(9), 854. <https://doi.org/10.1038/s41560-022-01097-4>

Pauliuk, S. et al. (2021). Global scenarios of resource and emission savings from material efficiency in residential buildings. NATURE COMMUNICATIONS, 12.

Rissman, J. et al. (2020). Technologies and policies to decarbonize global industry. APPLIED ENERGY, 266.

Roy, J. J. et al. (2024). Direct recycling of spent lithium-ion batteries. NATURE REVIEWS MATERIALS.

Ruhnau, O. et al. (2023). Natural gas savings in Germany during the 2022 energy crisis. NATURE ENERGY, 8.

Slamersak, A. et al. (2022). Energy requirements and carbon emissions for a low-carbon

energy transition. NATURE COMMUNICATIONS, 13.

Smith, O. et al. (2022). The effect of renewable energy incorporation on power grid stability. SCIENCE ADVANCES, 8(9). <https://doi.org/10.1126/sciadv.abj6734>

Stephens, I. E. L. et al. (2022). 2022 roadmap on low temperature electrochemical CO₂ reduction. JOURNAL OF PHYSICS: ENERGY, 4(4).

Tapia-Ruiz, N. et al. (2021). 2021 roadmap for sodium-ion batteries. JOURNAL OF PHYSICS: ENERGY, 3(3).

Valera-Medina, A. et al. (2021). Ammonia for power: A critical review. PROGRESS IN ENERGY AND COMBUSTION SCIENCE, 69.

Vinuesa, R. et al. (2020). The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals. NATURE COMMUNICATIONS, 11.

Yalew, S. G. et al. (2020). Impacts of climate change on energy systems in global and regional scenarios. NATURE ENERGY, 5.

Zampardi, G. & La Mantia, F. (2022). Open challenges and good experimental practices in aqueous Zn-ion batteries. COMMUNICATIONS CHEMISTRY, 5.

Zhu, Z. et al. (2022). Packaging design for the circular economy: A systematic review. SUSTAINABLE PRODUCTION AND CONSUMPTION, 31.

Zia, M. F. et al. (2020). Microgrid Transactive Energy: Review, Architectures, Distributed Ledger Technologies, and Market Analysis. IEEE ACCESS, 8.

APPENDIX

Tabulka 1 popisuje doporučený postup pro tvorbu strategických dokumentů (policy briefs) transparentní cestou v souladu se standardem Open Research Europe (ORE) dle Horizon Europe.

Krok	Popis	Realizace v ORE dle Horizon Europe
I. Definice cílové skupiny	Identifikace klíčových stakeholderů (vládní úřady, energetické agentury, průmysl, NGO).	V úvodu vždy stručně specifikovat, komu je výstup konkrétně určen.
II. Struktura dokumentu	Úvod (kontext a cíl), Klíčová zjištění (stručně shrnutí výsledků), Doporučení, Reference.	Nutné dodržet jasnou a stručnou formu (max. 5 stran). Anglická verze pro EU instituce.
III. Otevřené vědecké výstupy	Všechny použité publikace a data musí být dostupné pod licencí CC BY nebo ekvivalentní.	Při citaci uvádět DOI a odkaz na Open Access verzi.
IV. Příprava otevřených dat	Surová data a zpracovaná data nahrát do repozitáře (Zenodo, ORE).	Surová data jsou veřejně přístupná; zpracovaná data nahrát do ORE s příslušnými metadaty.
V. Metadatová povinnost	Každý záznam musí obsahovat: autor(y), instituce, datum, verze, licence, DOI.	ORE automaticky generuje požadovaná metadata; doplňte případné chybějící údaje.
VI. Licenční podmínky	Použít nejnovější verzi licence CC BY (metadata CC0).	Při nahrávání souboru v ORE zvolit příslušnou licenci.
VII. Plán diseminace	Strategie šíření: webináře, sociální sítě, přímé oslovení ministerstev.	Zahrnovat odkaz na ORE záznam do všech komunikačních materiálů.
VIII. Revize a schválení	Interní kontrola (právní, institucionální pohled), poté odborná peer-review.	Pokud někdo vznese námitku, zaznamenat do ORE jako komentář; finální verze musí mít status „schváleno“.

PODĚKOVÁNÍ A PROHLÁŠENÍ

Tento dokument byl připraven s využitím nástrojů umělé inteligence (Claude, Anthropic) pro strukturování a jazykovou editaci textu. Za obsah, závěry a doporučení plně odpovídají autoři. Fakta a citace byly ověřeny v primárních zdrojích. The authors used AI tools for text structuring and editing. The authors take full responsibility for the content.

Projekty NCE II a CANUT II jsou spolufinancovány Technologickou agenturou ČR v rámci Programu Národní centra kompetence. Tento Policy Brief nevyjadřuje stanoviska TA ČR ani žádného ministerstva.



**NÁRODNÍ CENTRUM
PRO ENERGETIKU II**

NCE II

prof. Ing. Stanislav Mišák, Ph.D.
hlavní řešitel

stanislav.misak@vsb.cz
+420 596 997 436 / +420 775 679 116



**CENTRUM POKROČILÝCH
JADERNÝCH TECHNOLOGIÍ II**

CANUT II

prof. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.
hlavní řešitel

pero@fel.zcu.cz
+420 377 634 406