

Vize elektrických sítí 2050+ Trendy a scénáře výroby/spotřeby Evropy

Pracoviště: KEE
Číslo dokumentu: 22190-012-2024
Typ zprávy: Výzkumná zpráva
Řešitelé: Bc. Tomáš Jára, Tomáš Kučera, Ing. et Ing. Martin Vinš
Vedoucí týmu: Ing. et Ing. Martin Vinš
Počet stran: 95
Datum vydání: 2024
Oborové zařazení: 2.2 Electrical engineering, Electronic engineering, Information engineering - Electrical and electronic engineering

Zadavatel / zákazník:
ČEPS, a.s.
Elektrárenská 774/2
101 52 Praha 10
Česká republika

Zpracovatel / dodavatel:
Západočeská univerzita v Plzni
Research and Innovation Centre
for Electrical Engineering
Univerzitní 8
306 14 Plzeň
Kontaktní osoba:
Ing. et Ing. Martin Vinš
tel. +420 377 634 195
mvins@fel.zcu.cz

Tato zpráva vznikla s podporou projektů SGS-2024-014 a SGS-2024-017.

Anotace

Tato výzkumná zpráva se zabývá tvorbou scénářů vývoje struktury primárních zdrojů energetického mixu v Evropě a struktury spotřeby elektrické energie v Evropě k roku 2050. Nejprve systematicky analyzuje faktory ovlivňující strukturu primárních zdrojů výrobního energetického mixu v Evropě, jakož i strukturu spotřeby elektrické energie v Evropě. Z této analýzy vyvozuje dominantní ovlivňující faktory a následně formuluje potenciální scénáře dalšího vývoje.

Klíčová slova

Elektroenergetika, Elektrická energie, Struktura, Scénáře, Vývoj, Elektromobilita, Výroba, Spotřeba

Report title

Vision of electricity grids 2050+

European generation/consumption trends and scenarios

Abstract

This research report deals with the creation of scenarios for the development of the structure of the primary sources of the energy mix in Europe and the structure of electric energy consumption in Europe to 2050. First, it systematically analyzes the factors affecting the structure of the primary sources of the generation energy mix in Europe, as well as the structure of electric energy consumption in Europe. From this analysis, it derives dominant affecting factors and subsequently formulates potential scenarios for further development.

Keywords

Electric Power Engineering, Electric Energy, Structure, Scenarios, Development, Electromobility, Generation, Consumption

Seznam symbolů a zkratk

<i>BECCS</i>	Bioenergy with Carbon Capture and Storage (Bioenergie se zachytáváním a ukládáním uhlíku)
<i>CCS</i>	Carbon Capture and Storage (Zachytávání a ukládání uhlíku)
<i>CCUS</i>	Carbon Capture, Utilisation and Storage (Zachytávání, využívání a ukládání uhlíku)
<i>CO₂</i>	oxid uhličitý
<i>DACCS</i>	Direct Air Capture with Carbon Storage (Přímé zachytávání vzduchu s ukládáním uhlíku)
<i>EHS</i>	Evropské hospodářské společenství
<i>EOR</i>	Enhanced oil recovery (Posílená těžba ropy)
<i>EU</i>	Evropská unie
<i>Euratom</i>	Evropské společenství pro atomovou energii
<i>gCO₂/kWh</i>	gramy oxidu uhličitého na kilowatthodinu vyrobené elektřiny
<i>HEP</i>	Hrvatska elektroprivreda
<i>IEA</i>	International Energy Agency (Mezinárodní energetická agentura)
<i>JE</i>	jaderná elektrárna
<i>OECD</i>	Organisation for Economic Co-operation and Development (Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj)
<i>OSN</i>	Organizace spojených národů
<i>OZE</i>	Obnovitelné zdroje energie

Obsah

ÚVOD	6
1 ANALÝZA AKTUÁLNÍHO STAVU EVROPSKÉ ENERGETIKY.....	8
1.1 SEVERNÍ EVROPA	10
1.1.1 <i>Island</i>	10
1.1.2 <i>Dánsko</i>	10
1.1.3 <i>Finsko</i>	10
1.1.4 <i>Norsko</i>	11
1.1.5 <i>Švédsko</i>	11
1.2 VÝCHODNÍ EVROPA	12
1.2.1 <i>Litva, Lotyšsko a Estonsko</i>	12
1.2.2 <i>Moldavsko, Bělorusko a Ukrajina</i>	12
1.2.3 <i>Podíl OZE na výrobě elektřiny v zemích východní Evropy</i>	12
1.3 JIHOVÝCHODNÍ EVROPA.....	14
1.3.1 <i>Albánie</i>	15
1.3.2 <i>Bosna a Hercegovina</i>	15
1.3.3 <i>Bulharsko</i>	15
1.3.4 <i>Černá Hora</i>	16
1.3.5 <i>Chorvatsko</i>	16
1.3.6 <i>Rumunsko</i>	16
1.3.7 <i>Severní Makedonie</i>	16
1.3.8 <i>Slovinsko</i>	17
1.3.9 <i>Srbsko</i>	17
1.3.10 <i>Řecko</i>	17
1.4 JIŽNÍ EVROPA	18
1.4.1 <i>Andorra</i>	18
1.4.2 <i>Malta</i>	18
1.4.3 <i>Gibraltar, Monako a San Marino</i>	18
1.4.4 <i>Itálie</i>	19
1.4.5 <i>Portugalsko</i>	19
1.4.6 <i>Španělsko</i>	19
1.5 STŘEDNÍ EVROPA	20
1.5.1 <i>Česko</i>	20
1.5.2 <i>Maďarsko</i>	21
1.5.3 <i>Německo</i>	21
1.5.4 <i>Polsko</i>	21
1.5.5 <i>Rakousko</i>	21
1.5.6 <i>Slovensko</i>	22
1.5.7 <i>Švýcarsko</i>	22
1.6 ZÁPADNÍ EVROPA.....	23
1.6.1 <i>Belgie</i>	23
1.6.2 <i>Francie</i>	23
1.6.3 <i>Irsko</i>	23
1.6.4 <i>Lucembursko</i>	23
1.6.5 <i>Nizozemsko</i>	23
1.6.6 <i>Velká Británie</i>	23
2 KLÍČOVÉ FAKTORY VE VÝVOJI EVROPSKÉ ENERGETIKY	26
POLITICKÉ ORGANIZACE	27
2.1.1 <i>Založení EHS a Euratomu</i>	27
2.1.2 <i>Římská smlouva</i>	27
2.1.3 <i>Smlouva o založení Evropského společenství pro atomovou energii</i>	27
2.1.4 <i>Východní partnerství</i>	28
2.2 LIBERALIZACE TRHU S ELEKTŘINOU	28
2.2.1 <i>Liberalizace trhu s elektřinou v EU</i>	28

2.2.2	<i>První liberalizační směrnice</i>	28
2.2.3	<i>Druhá liberalizační směrnice</i>	29
2.2.4	<i>Třetí liberalizační balíček</i>	29
2.3	INICIATIVY A NAŘÍZENÍ EVROPSKÉ UNIE	29
2.3.1	<i>Bílé knihy z roku 1995 a 1997</i>	29
2.3.2	<i>Zelené knihy z 10. let 21. století</i>	30
2.3.3	<i>Energetika ve strategii Evropa 2020</i>	30
2.3.4	<i>Transevropské energetické sítě</i>	30
2.3.5	<i>Rámec politiky pro klima a energetiku do roku 2030</i>	30
2.3.6	<i>Zelená dohoda pro Evropu</i>	31
2.3.7	<i>Balíček „Fit for 55“</i>	31
2.4	DOPAD RUSKÉ INVAZE NA UKRAJINU NA ENERGETICKÝ SEKTOR EU	32
2.4.1	<i>REPowerEU</i>	33
2.5	IDENTIFIKACE NEJDŮLEŽITĚJŠÍHO FAKTORU VE VÝVOJI EVROPSKÉ ENERGETIKY	34
3	POHLED NA DŘÍVE VYDANÉ PŘEDPOVĚDI A VÝVOJ ČISTÝCH ENERGETICKÝCH TECHNOLOGIÍ	36
3.1	PUBLIKACE SPOLEČNOSTI INTERNATIONAL ENERGY AGENCY	36
3.1.1	<i>World Energy Outlook 2006</i>	37
3.1.2	<i>World Energy Outlook 2010</i>	39
3.1.3	<i>World Energy Outlook 2016</i>	42
3.2	VYHODNOCENÍ PREDIKCÍ SPOLEČNOSTI IEA	42
3.3	TECHNOLOGIE ČISTÉ ENERGIE	43
3.3.1	<i>Obnovitelné zdroje energie</i>	43
3.3.2	<i>Vodík</i>	45
3.3.3	<i>Technologie CCS a CCUS</i>	45
3.3.4	<i>Elektrifikace</i>	47
4	SCÉNÁŘE BUDOUCÍHO VÝVOJE ENERGETIKY V EVROPĚ DO ROKU 2050	48
4.1	ANALÝZA AKTUÁLNÍHO STAVU VÝROBY ELEKTRICKÉ ENERGIE A METODIKA NÁVRHU SCÉNÁŘŮ	48
4.2	OSAMĚLÉ SNAHY V NEJEDNOTNÉ EVROPĚ	50
4.3	ZELENÁ EU	52
4.4	SPOLEČNÁ SNAHA, ROZDÍLNÁ TECHNOLOGICKÁ REALIZACE	53
4.5	SELHÁNÍ ZELENÉ DOHODY PRO EVROPU	54
4.6	POROVNÁNÍ SCÉNÁŘŮ	56
	DÍLČÍ ZÁVĚR	58
5	ANALÝZA AKTUÁLNÍHO STAVU ELEKTRICKÉ SPOTŘEBY	59
5.1	SEVERNÍ EVROPA	59
5.2	VÝCHODNÍ EVROPA	61
5.3	JIOVÝCHODNÍ EVROPA	62
5.4	JIŽNÍ EVROPA	63
5.5	STŘEDNÍ EVROPA	64
5.6	ZÁPADNÍ EVROPA	65
6	SCÉNÁŘE STRUKTURY SPOTŘEBY ELEKTŘINY	67
6.1	ANALÝZA VÝCHOZÍHO STAVU SPOTŘEBY ELEKTRICKÉ ENERGIE	68
6.2	VÝVOJ BUDOUCÍ SPOTŘEBY V DOMÁCNOSTÍ	69
6.3	SCÉNÁŘ VODÍKOVÉ BUDOUCNOSTI	70
6.4	SCÉNÁŘ ELEKTRICKÉ MOBILITY	71
	DÍLČÍ ZÁVĚR	74
7	SCÉNÁŘE VÝVOJE ABSOLUTNÍ VÝROBY, SPOTŘEBY A EXPORTU ELEKTRICKÉ ENERGIE	75
7.1	SCÉNÁŘ ZELENÁ EU + VODÍK	75
7.2	SCÉNÁŘ ROZDÍLNÁ TECHNICKÁ REALIZACE + ELEKTROMOBILITA	77
	DÍLČÍ ZÁVĚR	80

Úvod

Svět se neustále mění a spolu s ním prochází změnami i energetika. Od doby, kdy jedinými myslitelnými zdroji energie pro výrobu elektřiny byla voda a uhlí jsme ušli dlouhou cestu. Ať už to bylo vynalezení jaderných reaktorů nebo fotovoltaických panelů, spolu s objevením nové technologie pro výrobu elektřiny se měnil energetický sektor a s ním vždy také celý svět. Aktuální stav energetiky je ve srovnání se stavem před třiceti lety diametrálně odlišný a také za dalších třicet let bude značně rozdílný od dnešního stavu. Pro lidskou povahu je přirozené chtít vědět, jak bude vypadat budoucnost a zároveň pak plánovat rozvoje ekonomických a průmyslových sektorů, proto je možné pravidelně se setkávat s všemožnými předpověďmi, odhady a prognózami budoucího směřování energetiky. Především pak na základě technologických, ekonomických, případně legislativních faktorů.

Prvním cílem této práce je představit čtenáři možné scénáře budoucího vývoje evropské energetiky do roku 2050, seznámit ho s jejím aktuálním stavem a identifikovat klíčové faktory, které určují její podobu.

Na to navazuje spotřeba elektrické energie, která hraje klíčovou roli v moderní společnosti a je zásadním ukazatelem ekonomického rozvoje, technologického pokroku a životní úrovně obyvatelstva. Evropa, s její diverzifikovanou ekonomikou a různorodými energetickými zdroji, představuje komplexní oblast pro studium spotřeby elektřiny napříč různými sektory.

Tato práce je zaměřena na analýzu spotřeby elektřiny podle sektorů v evropských zemích. Sektory, které budou zkoumány, zahrnují domácnosti, průmysl, dopravu a služby. Každý z těchto sektorů má své specifické charakteristiky a faktory ovlivňující spotřebu energie. Analýza bude provedena s důrazem na procentuální podíly spotřeby elektřiny v jednotlivých sektorech, což umožní lépe pochopit relativní význam každého sektoru ve spotřebě elektřiny.

Data jsou čerpána z nejnovějších statistik a studií publikovaných evropskými institucemi, jako jsou Eurostat a Evropská agentura pro životní prostředí. Data ze zemí mimo EU jsou čerpána z národních statistik jednotlivých zemí. Práce obsahuje také porovnání dat mezi jednotlivými zeměmi, aby bylo možné identifikovat klíčové trendy a rozdíly v rámci regionu.

Cílem této části práce je tak poskytnout přehled o současném stavu spotřeby elektřiny v Evropě a analyzovat, jak se jednotlivé sektory podílejí na celkové spotřebě. Dále analyzovat a vyhodnotit faktory, které ovlivňují spotřebu elektřiny v jednotlivých sektorech, a identifikovat trendy absolutní velikosti spotřeby elektřiny.

Tato práce je rozdělena do šesti kapitol. První kapitola se věnuje analýze aktuálního stavu evropské energetiky, je členěna na jednotlivé oblasti Evropy a dále na konkrétní státy. Druhá kapitola je zaměřena na představení klíčových faktorů, které vedly k současné podobě energetiky na evropském kontinentu. Ve třetí kapitole jsou krátce přiblíženy, a z hlediska přesnosti hodnoceny, prognózy společnosti International Energy Agency zveřejněné ve třech publikacích z let 2006, 2010 a 2016. Také je zde rozebrán současný stav a předpokládaný budoucí vývoj technologií, od kterých si Evropská unie slibuje přínos do boje za čistou energetiku a snížení emisí oxidu uhličitého. Ve čtvrté kapitole jsou již prezentovány čtyři možné scénáře, kterými by se evropská energetika mohla ubírat za daných předpokladů. Jednotlivým scénářům je na základě několika faktorů přisouzena míra pravděpodobnosti jejich naplnění a poté jsou mezi sebou porovnány v několika různých kritériích. Pátá kapitola potom

navazuje analýzou současné spotřeby v Evropě a šestá navrhuje pouze 2 nejpravděpodobnější scénáře jejího vývoje, které potom asociuje s konkrétními scénáři vývoje energetických mixů.

1 Analýza aktuálního stavu evropské energetiky

Energetická politika v Evropě se v průběhu posledních sedmdesáti let významně změnila a přizpůsobila novým požadavkům a výzvám. Hlavním cílem je zajistit dostupnost a udržitelnost energií pro obyvatele a podniky v rámci Evropské unie (EU) [1].

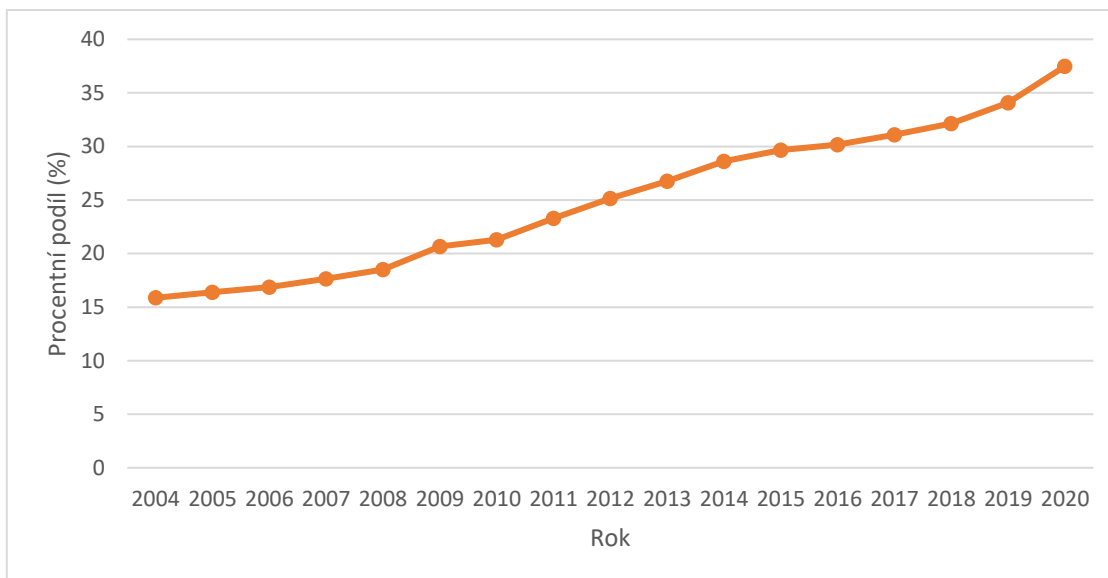
V současné době (2023) je evropská energetika a její postupný přechod na klimatickou neutralitu, plánovaný do roku 2050, výrazně ovlivněn ruskou invazí na Ukrajinu. V důsledku toho byla řada zemí (například Francie, Švédsko, Česká republika a Slovensko) nucena zvýšit v roce 2022 svou spotřebu uhlí, kterou má EU za cíl snížit. V České republice, Finsku, Maďarsku a na Slovensku využívají jaderné elektrárny reaktor ruské konstrukce. Veškeré dodávky jaderného paliva do Maďarska a na Slovensko zajišťuje ruská státní společnost TVEL. Rovněž v Česku je a do roku 2024 bude dodavatelem pro jaderné elektrárny Dukovany a Temelín firma TVEL. Ovšem v reakci na ruskou invazi na Ukrajinu si Česko zajistilo palivo od americké společnosti Westinghouse, která bude zásobovat jak Dukovany, tak i Temelín. Z důvodu diverzifikace bude Temelín zásobovat i francouzská firma Framatom. Také finské elektrárny využívají palivo, které je obohacováno v Rusku. Za předpokladu, že si tyto země nepředjednájí dodávky paliva s jinou firmou by pro ně mohlo přerušení dodávek od společnosti TVEL představovat komplikaci [2, 3, 4, 5, 6, 7].

Vzhledem k vlivu ruské invaze na data z roku 2022 a jejich nedostupnosti pro většinu zemí v době psaní této práce jsou zde analyzovány data pouze do roku 2021.

V Evropě se pro výrobu elektřiny využívá široká škála zdrojů včetně fosilních paliv, obnovitelných zdrojů energie a jaderné energie. Nicméně s ohledem na strategii EU pro dosažení klimatické neutrality do roku 2050 jsou jednotlivé státy EU nuceny k přechodu k udržitelnějším zdrojům energie a snižování závislosti na fosilních palivech.

Jedním z hlavních nástrojů pro dosažení těchto cílů je soubor politických iniciativ nazvaný Zelená dohoda, jejíž součástí je balíček „Fit for 55“. Tento balíček obsahuje soubor návrhů na revizi právních předpisů týkajících se klimatu, energetiky a dopravy, jakož i zavedení nových legislativních iniciativ s cílem sladit právní předpisy EU s cíli Unie v oblasti klimatu [8]. Zelená dohoda a její vliv na současnou energetiku v Evropě je blíže popsán v podkapitole 2.3.6.

I z tohoto důvodu mají obnovitelné zdroje energie čím dál tím větší roli v energetickém mixu jednotlivých států EU. Podíl obnovitelných zdrojů energie na celkové elektrické energii vyrobené v EU se zvýšil z 15,87 % v roce 2004 na 37,48 % v roce 2020 [9]. Ovšem je nutné podotknout, že mezi těmito lety se zvýšil i počet členských států. Mezi nejdůležitější obnovitelné zdroje energie (OZE) patří vodní, větrná, sluneční a geotermální energie, ale také biomasa a bioplyn. Vývoj využívání OZE pro výrobu elektřiny v EU lze vidět na Obr. 1.



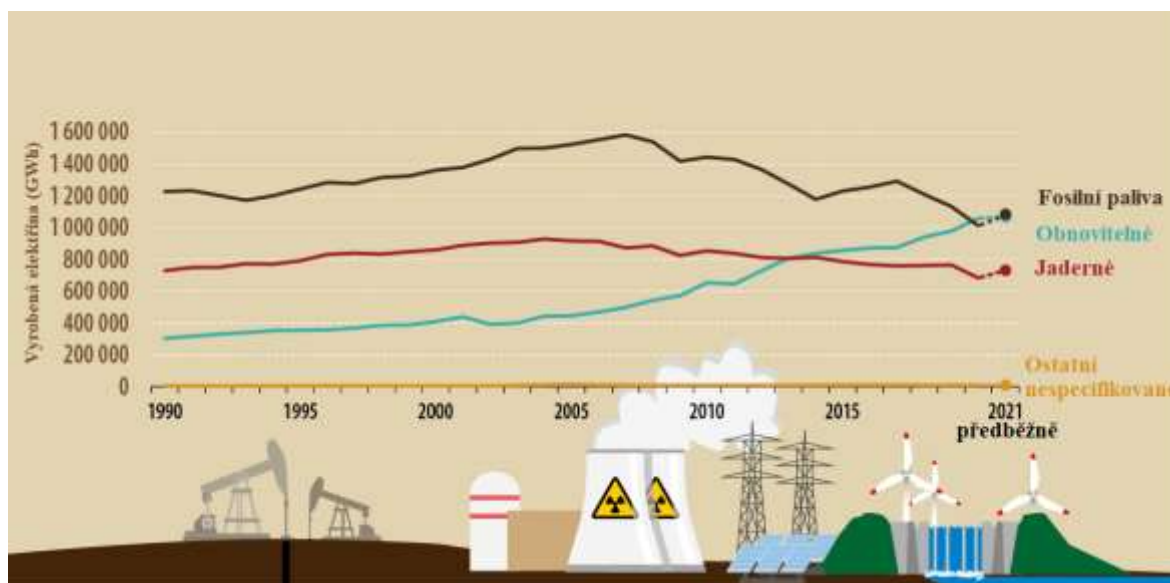
Obr. 1 Podíl OZE na výrobě elektřiny v zemích EU (zdroj dat: [9])

Vodní energie je jedním z nejdůležitějších obnovitelných zdrojů energie a v roce 2021 přispěla k výrobě elektřiny v EU 12,1 %. V Evropě hraje významnou roli v několika zemích, zejména ve Skandinávii. Větrná energie je také velmi důležitým zdrojem, zejména podél pobřeží a v horách, a často se používá společně s fotovoltaickými panely k využití sluneční energie. V roce 2021 bylo 13,42 % elektřiny v EU vyrobeno z větrné energie a 5,68 % ze sluneční [10].

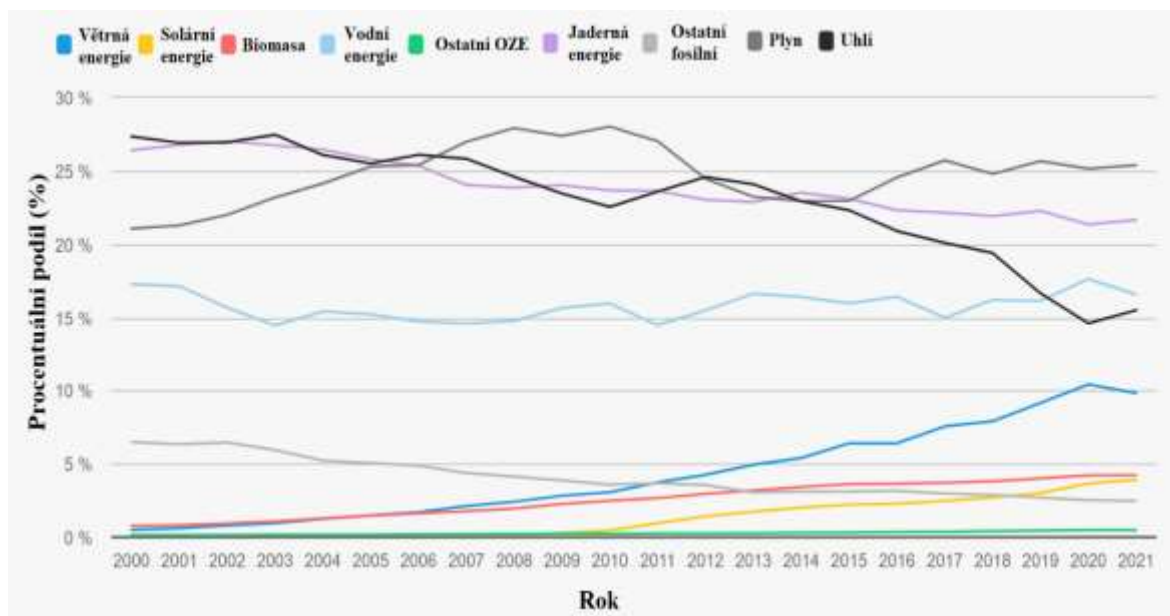
Jaderná energie byla v minulosti používána jako významný zdroj energie v několika evropských zemích, ale její využití se v posledních letech snižuje kvůli nátlaku veřejnosti, která má obavy z jaderného odpadu a bezpečnosti jaderných elektráren. Na druhou stranu fosilní paliva, jako je uhlí a plyn, stále hrají důležitou roli při výrobě energie v EU, i když se snižuje jejich podíl v energetickém mixu, jak lze vidět na Obr. 2 [9].

Detailní vývoj využívání různých zdrojů energie pro výrobu elektřiny v celé Evropě (včetně států mimo EU) je zobrazen na Obr. 3.

V následujících podkapitolách 1.1 až 1.6 je proveden podrobný rozbor evropské energetiky, členěný na různé geografické části Evropy a dále na jednotlivé státy.



Obr. 2 Vývoj výroby elektřiny jednotlivými zdroji v EU (převzato a upraveno z [9])



Obr. 3 Detailní vývoj procentuálního podílu jednotlivých zdrojů energie na výrobě elektřiny v Evropě (převzato a upraveno z [10])

1.1 Severní Evropa

Tato oblast se skládá z pěti zemí: Dánska, Finska, Islandu, Norska a Švédska. A všechny tyto země se vyznačují vysokou úrovní využívání obnovitelných zdrojů energie.

1.1.1 Island

Island je světovým lídrem v oblasti obnovitelné energie, neboť 100 % islandské elektřiny se vyrábí z obnovitelných zdrojů. Během posledních tří dekád došlo na Islandu k významnému rozvoji využití geotermální energie jako zdroje elektrické energie. Zatímco v devadesátých letech minulého století představovala tato energie pouze několik procent z celkové produkce elektřiny, od roku 1997 došlo k rychlému nárůstu jejího podílu v energetickém mixu a současně k poklesu podílu vodní energie. V roce 2021 vodní energie představovala 75,5 % z celkového energetického mixu, zbylých 24,5 % pak tvořila geotermální energie [11, 12, 13].

1.1.2 Dánsko

Dánsko je považováno za jednu z nejvyspělejších zemí v oblasti obnovitelných zdrojů energie, a to díky své vysoké úrovni využívání větrné energie. V Dánsku bylo na konci osmdesátých a na počátku devadesátých let minulého století převládajícím zdrojem elektrické energie uhlí, kdy jeho podíl v energetickém mixu dosahoval více než 90 %. Avšak v roce 1991 nastal razantní pokles jeho využívání jako zdroje elektrické energie a současně započal rychlý nárůst využívání větrné energie. V současnosti větrné elektrárny vyrábí více než 48 % elektrické energie v zemi. Okolo 21 % elektřiny je vyráběno z biomasy a necelých 16 % z uhlí. Od roku 2012 Dánsko také rozvíjí solární energii, která se v roce 2021 podílela na výrobě elektřiny z 4,18 % [12].

1.1.3 Finsko

V roce 2021 ještě nebylo Finsko soběstačné v dodávkách elektřiny, ale má záměr toho dosáhnout nejpozději do roku 2023 nebo 2024. Mělo by toho být dosaženo využitím jaderné elektrárny Olkiluoto 3, která má plánované uvedení do provozu v roce 2023, a rostoucímu objemu elektřiny vyrobené z větrné energie. Ta vzrostla v posledních šesti letech na více než dvojnásobek. Je to významná změna, neboť dosud Finsko dováželo až 20 % elektřiny spotřebované odběrateli. V dnešní době se z větrné a vodní energie spolu s biomasou vyrobí

již více než polovina finské elektřiny. Ovšem je důležité zmínit, že jaderné elektrárny stále hrají klíčovou roli ve finské energetice [12, 14].

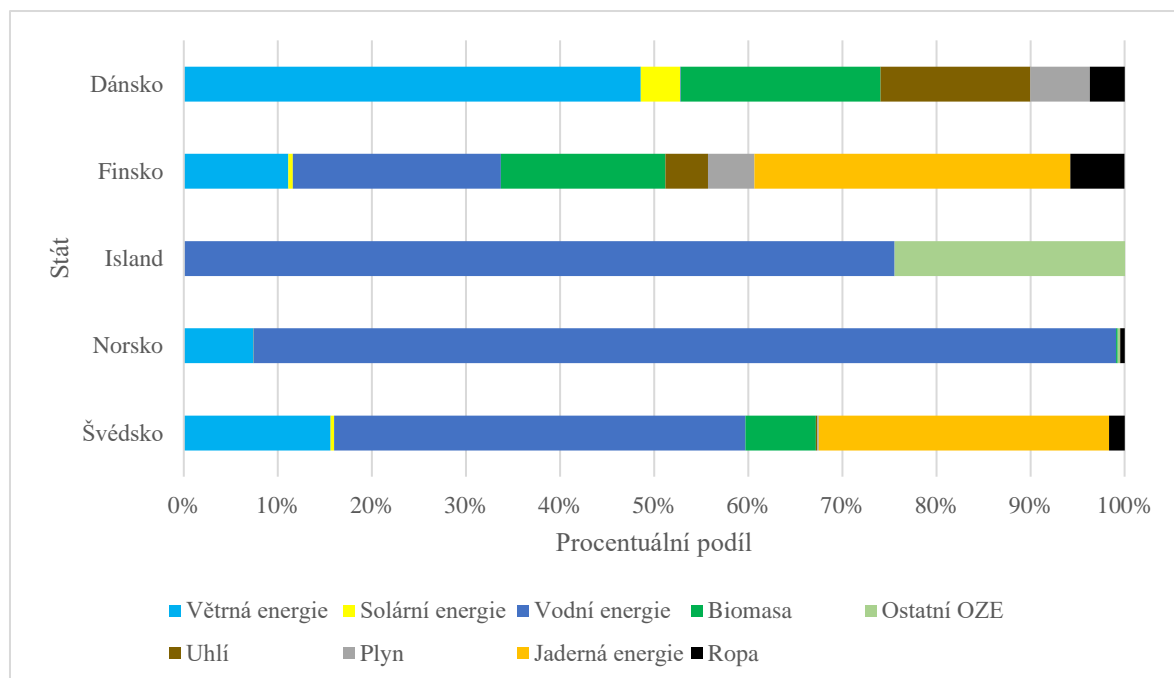
1.1.4 Norsko

Norsko díky svým vysokým horským plošinám, přírodním jezerům, strmým údolím a fjordům mohlo v minulosti značně rozvinout vodní energetiku. Vodní energie byla základem industrializace země na konci 19. století a dodnes je základem jejího energetického mixu. Vodní energie se pravidelně podílí na celkové výrobě elektřiny v Norsku z více než 95 %, malý zbytek tvoří geotermální energie a teprve nedávno i větrná energie. Její využívání zaznamenalo mezi lety 2015 a 2021 nárůst o necelých 6 % [12].

1.1.5 Švédsko

Švédsko disponuje bohatými zdroji biomasy a vodních toků s potenciálem pro energetické využití, což přispívá k vysokému podílu využití obnovitelných energií v této zemi. Používá hlavně vodní a větrnou energii, které dohromady tvoří okolo 60 % celkové energie spotřebované na výrobu elektřiny v zemi. Od roku 2007 dochází ve Švédsku k významnému rozvoji využívání větrné energie, kdy se její podíl v energetickém mixu zvýšil z necelého 1 % na nyní více než 15 %. Další 31 % elektřiny je pak získáno z jaderné energie [12]. Švédsko má za cíl dosáhnout produkce 100 % elektřiny z obnovitelných zdrojů do roku 2040 [15].

Energetické mixy jednotlivých zemí severní Evropy pro rok 2021 lze vidět na Obr. 4 a Tabulka 1.



Obr. 4 Grafické znázornění energetického mixu zemí severní Evropy v roce 2021 (zdroj dat: [12])

Tabulka 1 Energetický mix zemí severní Evropy v roce 2021(zdroj dat: [12])

	Dánsko	Finsko	Island	Norsko	Švédsko
Větrná energie	48,58 %	11,10 %	0,05 %	7,40 %	15,60 %
Solární energie	4,18 %	0,50 %	0,00 %	0,01 %	0,39 %
Vodní energie	0,06 %	22,11 %	75,45 %	91,69 %	43,71 %
Biomasa	21,23 %	17,48 %	0,00 %	0,17 %	7,50 %
Ostatní OZE	0,00 %	0,00 %	24,50 %	0,22 %	0,00 %
Uhlí	15,93 %	4,54 %	0,00 %	0,03 %	0,12 %
Plyn	6,32 %	4,92 %	0,00 %	0,00 %	0,17 %
Jaderná energie	0,00 %	33,59 %	0,00 %	0,00 %	30,86 %
Ropa	3,70 %	5,76 %	0,00 %	0,48 %	1,65 %

1.2 Východní Evropa

Východní Evropa je oblast, kterou tvoří Bělorusko, Estonsko, Litva, Lotyšsko, Moldavsko a Ukrajina.

Ruská invaze na Ukrajinu v roce 2022 měla významné dopady na energetický sektor zemí východní Evropy. Hlavním důvodem byl fakt, že Ukrajina je důležitým tranzitním místem pro dodávky ruského plynu do Evropy. Zatímco Rusko tvrdilo, že nebude omezovat dodávky plynu pro Evropu, mnoho zemí východní Evropy následkem toho zintenzivnilo své snahy o nalezení způsobů, jak zlepšit svojí energetickou nezávislost. Toho lze mimo jiné docílit rozvojem vlastní těžby fosilních paliv, jako je uhlí nebo zemní plyn. Těžba uhlí je již dlouhou dobu důležitou součástí hospodářství mnoha zemí východní Evropy, avšak je třeba zvážit negativní dopady na životní prostředí a zdraví lidí spojené s těžbou a spalováním uhlí. Navíc ruská invaze vedla k nárůstu cen energií na celosvětových trzích, což způsobilo významné ekonomické náklady pro země, jejichž výroba elektřiny závisí na dovozu ropy nebo zemního plynu [16].

1.2.1 Litva, Lotyšsko a Estonsko

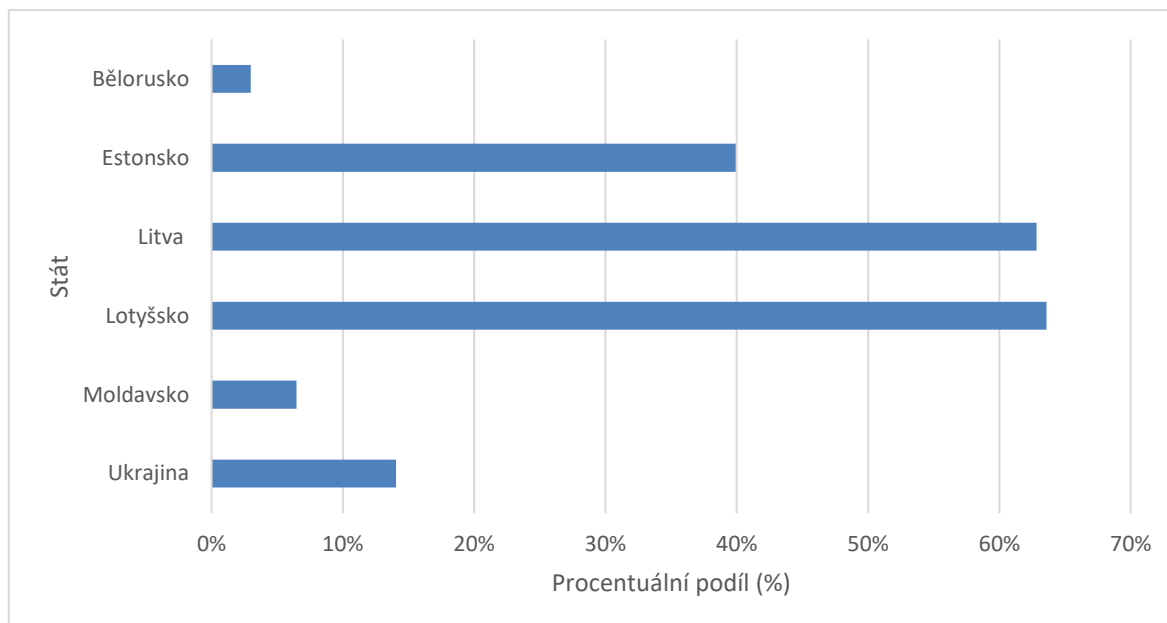
Litva a Lotyšsko jsou země s podobnými energetickými mixy, které se skládají hlavně z plynu, vodní a větrné energie. Naopak Estonsko vyrábí elektřinu především z ropy, s narůstajícím podílem biomasy, solární a větrné energie [12].

1.2.2 Moldavsko, Bělorusko a Ukrajina

Uhlí spolu s plynem jsou stále nejdůležitějšími zdroji energie v Moldavsku, představují zhruba 93 % celkové výroby elektřiny. Na plynu je pak také závislá produkce elektřiny v Bělorusku, kde tento zdroj energie zajišťuje téměř 84 % z celkové výroby elektřiny. Jaderná energie je dalším významným zdrojem v Bělorusku, a především pak také na Ukrajině, kde představuje více než 55 % energetického mixu této země. Nicméně pro výrobu elektřiny na Ukrajině je rovněž nepostradatelné uhlí činící přibližně 23 % [12].

1.2.3 Podíl OZE na výrobě elektřiny v zemích východní Evropy

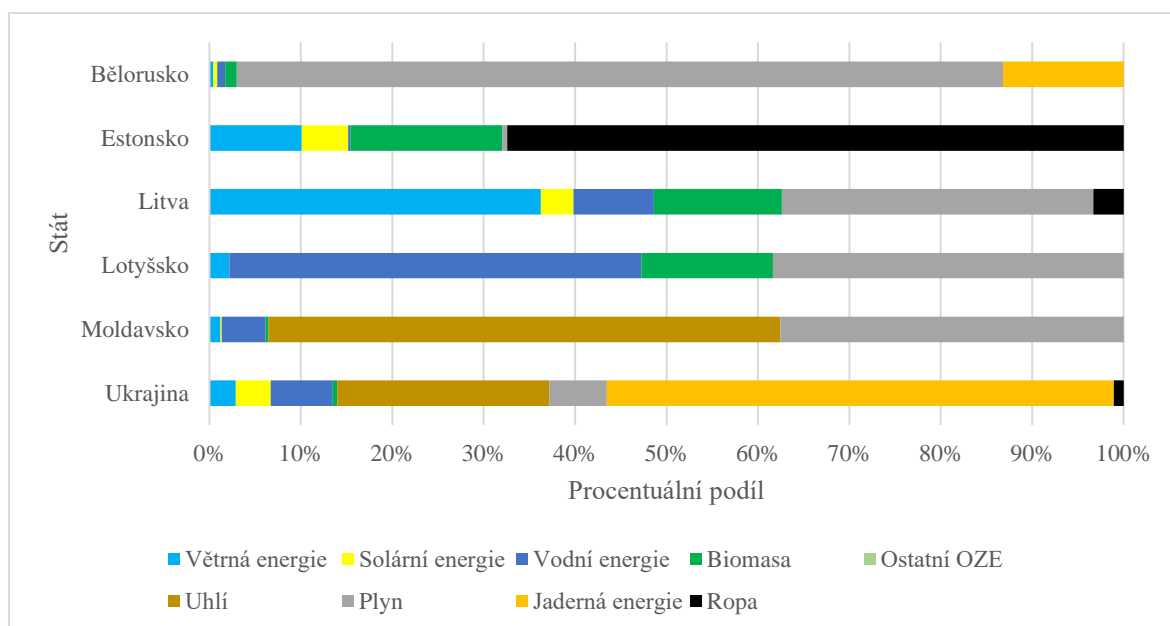
Obnovitelné zdroje energie se v některých zemích východní Evropy využívají v menší míře, nicméně jejich podíl na celkové výrobě elektřiny se postupně zvyšuje. Jejich využití v roce 2021 je zobrazeno na Obr. 5.



Obr. 5 Podíl obnovitelných zdrojů na výrobě elektřiny v zemích východní Evropy v roce 2021 (zdroj dat: [12])

Nejlépe jsou na tom z tohoto pohledu Litva a Lotyšsko, obnovitelné zdroje energie v těchto zemích vyrobí okolo 63 % elektřiny. V Estonsku pak téměř 40 % [12]. Z toho se využití větrné energie na pokrytí poptávky po elektřině v těchto státech může v závislosti na počasí pohybovat v rozmezí od 4 do přibližně 30 % [17]. Naopak Bělorusko, Moldavsko a Ukrajina mají podíl obnovitelných zdrojů energie nižší, a to od 3 do 14 %. Pobaltské státy jsou na rozdíl od ostatních zemí východní Evropy součástí EU, a jsou proto nuceny směřovat ke klimatické neutralitě do roku 2050. V rámci energetiky to znamená zvyšovat podíl obnovitelných zdrojů v energetickém mixu, a naopak snižovat závislost na fosilních palivech. Je proto logické, že Litva, Lotyšsko a Estonsko již nyní využívají OZE ve větší míře než ostatní státy východní Evropy. Například Estonsko rozvíjí využívání biomasy a větrné energie a chce do roku 2030 dosáhnout snížení emisí skleníkových plynů o 70 % ve srovnání s rokem 1990. Jeho dlouhodobým cílem je snížení o 80 % do roku 2050. Nová vláda si však stanovila za cíl dosažení klimatické neutrality do roku 2050 a tudíž splnění závazků vůči Evropské unii [18]. Litva a Lotyšsko v posledních letech zvyšují podíl biomasy v energetickém mixu (přibližně o 10 % od roku 2012). Litva od roku 2010 také rychle zvyšuje využívání větrné energie (nárůst o více než 20 %) [10]. Moldavsko a Ukrajina získaly v červnu roku 2022 status kandidátských zemí EU, a budou proto v budoucnosti pravděpodobně mířit ke stejným cílům v oblasti využívání OZE jako EU. Ukrajina dokázala během posledních čtyřiceti let snížit svou produkci elektřiny z fosilních paliv o polovinu na současných 30,58 %. Mezi východoevropskými zeměmi, které aktuálně nejsou součástí EU, produkuje Ukrajina nejvíce elektřiny z obnovitelných zdrojů energie (13,98 % v roce 2021). Oproti tomu Bělorusko a Moldavsko nezaznamenaly od roku 2000 téměř žádnou změnu ve své závislosti na fosilních palivech a obě země mají velmi nízký podíl obnovitelných zdrojů energie v energetickém mixu. Od roku 2010 pak také nedošlo k prakticky žádnému navýšení využívání obnovitelných zdrojů energie v Bělorusku ani Moldavsku [12].

Energetické mixy zemí východní Evropy pro rok 2021 jsou zobrazeny na Obr. 6 a v Tabulka 2.



Obr. 6 Grafické znázornění energetického mixu zemí východní Evropy v roce 2021 (zdroj dat: [12])

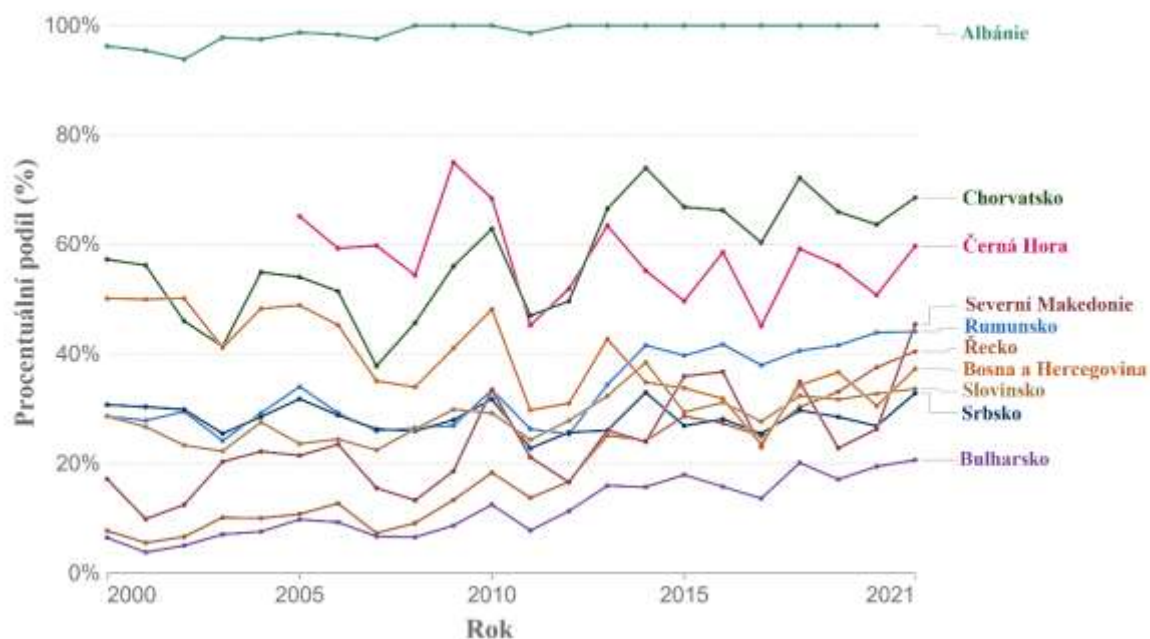
Tabulka 2 Energetický mix zemí východní Evropy v roce 2021 (zdroj dat: [12])

	Bělorusko	Estonsko	Litva	Lotyšsko	Moldavsko	Ukrajina
Větrná energie	0,43 %	10,11 %	36,26 %	2,18 %	1,20 %	2,87 %
Solární energie	0,41 %	5,05 %	3,57 %	0,00 %	0,15 %	3,84 %
Vodní energie	0,89 %	0,27 %	8,79 %	45,05 %	4,80 %	6,77 %
Biomasa	1,25 %	16,62 %	14,01 %	14,41 %	0,30 %	0,49 %
Ostatní OZE	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
Uhlí	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	56,01 %	23,22 %
Plyn	83,84 %	0,53 %	34,07 %	38,36 %	37,54 %	6,27 %
Jaderná energie	13,18 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	55,46 %
Ropa	0,00 %	67,42 %	3,30 %	0,00 %	0,00 %	1,08 %

1.3 Jihovýchodní Evropa

Jedná se o oblast, kterou tvoří Albánie, Bosna a Hercegovina, Bulharsko, Černá Hora, Chorvatsko, Kosovo, Rumunsko, Severní Makedonie, Slovinsko, Srbsko a Řecko.

V jihovýchodní Evropě se pro výrobu elektřiny používá hlavně uhlí, plyn a vodní energie. V některých zemích této oblasti má také významnou roli jaderná energie. Od roku 2000 dochází ve většině zemí v této části Evropy k nárůstu výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie. Tento trend lze vidět na Obr. 7.



Obr. 7 Vývoj podílu elektřiny vyrobené z OZE v jihovýchodní Evropě mezi lety 2000 až 2021 (převzato a upraveno z [12])

Ve většině zemí v této oblasti značně kolísá podíl elektřiny vyrobené z OZE v obdobích s nízkou hladinou vody v řekách, respektive nádržích, a tedy nízkou výrobou elektřiny z vodních elektráren [19]. Je také nutné zmínit, že Bulharsko, Chorvatsko, Rumunsko, Řecko a Slovinsko jsou součástí EU, což má přímý vliv na odlišnosti mezi jejich energetickými mixy a mixy zemí jihovýchodní Evropy mimo EU.

1.3.1 Albánie

V současnosti jsou v Albánii zdrojem elektřiny téměř výhradně vodní elektrárny, nicméně jejich výroba elektřiny v průběhu roku značně kolísá. Toto kolísání je způsobeno hlavně počasím, kdy některé měsíce téměř neprší a nízké teploty brání tání ledu v horách. Většinu elektřiny v zemi vyrobí tři vodní elektrárny na řece Drin. Rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší měsíční výrobou této kaskády může dosahovat až 64 % [20].

1.3.2 Bosna a Hercegovina

Bosna a Hercegovina je v současnosti čistým vývozcem elektřiny (jediným na západním Balkáně). Více než polovinu její výroby elektřiny představují vodní elektrárny, zbytek tvoří pět hnědouhelných elektráren. Spolu se Srbskem je také jednou ze dvou zemí v regionu, které stále plánují výstavbu nových uhelných elektráren. Kromě nich plánuje Bosna a Hercegovina i výstavbu velkého množství nových vodních elektráren. Její cíl pro rok 2020 v oblasti výroby elektřiny z obnovitelné energie byl 40 %, avšak v roce 2021 dosáhla pouze 37,3 % [21].

1.3.3 Bulharsko

Bulharsko má rozvinutou jadernou energetiku, která tvoří okolo 35 % z celkové výroby elektřiny v zemi. Dále se elektřina v Bulharsku vyrábí z uhlí, jehož podíl činí téměř 38 %. V zemi jsou zastoupeny i vodní a plynové elektrárny, které dohromady představují asi 16 %. Ačkoliv je bulharský trh s elektřinou v současné době v procesu transformace, očekává se, že jaderná energie zůstane i nadále dominantním zdrojem pro výrobu elektřiny. Vláda nyní pomalu snižuje využívání uhelných elektráren za účelem postupného nahrazení obnovitelnými zdroji

energie. Během tohoto energetického posunu se, ale nadále plánuje spoléhat na výrobu elektřiny z jaderných elektráren [22, 23].

1.3.4 Černá Hora

Potřebu elektřiny v Černé Hoře pokrývá především hnědouhelná elektrárna Pljevlja o výkonu 225 MWe, vodní elektrárny Perućica o výkonu 307 MWe a Piva o výkonu 342 MWe. Do roku 2009 dovážela Černá Hora značné množství elektřiny především, kvůli hliníkárně Podgorica, která v některých obdobích tvořila téměř 40 % spotřeby elektřiny v zemi. Nyní je však továrna v trvalé krizi a její budoucnost je nejistá. Od roku 2011 se její poptávka po elektřině snížila a s ní i poptávka celé země, nicméně v roce 2020 stále představovala 17 % spotřeby elektřiny v zemi. Od prosince 2021 však továrna pracuje jen na minimální úrovni a spotřebovává mnohem méně elektřiny než dříve. V posledním desetiletí se schopnost Černé Hory pokrýt domácí poptávku po elektřině měnila v závislosti na hydrologické situaci. V letech 2010, 2013 a 2018, tedy v deštivých letech, byla schopna pokrýt poptávku na domácím trhu, zatímco v suchých letech (2011, 2012 a 2017) musela dovážet poměrně velké množství elektřiny [24].

1.3.5 Chorvatsko

Také Chorvatsko je do určité míry závislé na dovozu elektřiny v závislosti na hydrologických podmínkách. To je však částečně způsobeno tím, že jaderná elektrárna Krško ve Slovinsku, jejíž 50 % vlastní HEP (chorvatská národní energetická společnost), rovněž přispívá k dodávkám elektřiny do Chorvatska, ale ve statistikách je započítávána do dovozu. Rozvoj obnovitelných zdrojů energie byl po léta brzděn nízkými kvótami výkupních cen pro solární energii. V souladu s pravidly EU o státní podpoře přešlo nyní Chorvatsko na aukce a výkupní ceny namísto výkupních tarifů, ale zpoždění při přijímání prováděcích právních předpisů a přijímání nových strategií v oblasti energetiky a klimatu způsobilo na několik let nejistotu a zpomalilo rozvoj větrné i solární energie [25].

1.3.6 Rumunsko

Rumunský energetický mix je jedním z nejvyváženějších v EU, přičemž uhlí, plyn, jaderná, vodní a větrná energie mají srovnatelný podíl na kapacitě a výrobě elektřiny. Výroba elektřiny z větrné energie zaznamenala v Rumunsku rychlý růst díky tamnímu vysokému potenciálu větrné energie. Aby země splnila cíl uhlíkové neutrality do roku 2050, měla by také instalovat přibližně 15 GWe větrných elektráren na moři, které mají potenciál pokrýt do té doby téměř 40 % národní spotřeby elektřiny [26].

1.3.7 Severní Makedonie

Severní Makedonie je závislá převážně na fosilních palivech (nekvalitní hnědé uhlí a plyn) a vodní energii. Zároveň je závislá na dovozu elektřiny. Celková výroba elektřiny v roce 2020 činila 5 436 GWh a dalších 2 965 GWh bylo dovezeno k uspokojení celkové domácí poptávky po elektřině. Výrobní kapacitu elektrické energie v Severní Makedonii v roce 2021 tvořily především dvě uhelné tepelné elektrárny s celkovým instalovaným výkonem 824 MWe, devět velkých vodních elektráren s instalovaným výkonem 571 MWe, 108 malých vodních elektráren s instalovaným výkonem 135 MWe a tři plynové kogenerační elektrárny s instalovaným výkonem 287 MWe. V reakci na energetickou krizi, která zemi zasáhla, byla spuštěna také dlouho nečinná elektrárna na těžký topný olej Negotino, která se však na celkové výrobě podílela zanedbatelným podílem 0,5 % [27].

1.3.8 Slovinsko

Slovinské domácí výrobní zdroje elektřiny (mezi něž patří polovina výroby z jaderné elektrárny Krško) přispěly v roce 2021 vyrobenými 11 718 GWh elektřiny do slovinské elektrizační soustavy. Poptávka od konečných spotřebitelů včetně systémových ztrát činila 14 173 GWh. V roce 2021 bylo 82,9 % spotřeby elektřiny konečnými spotřebiteli pokryto z domácích výrobních zdrojů [28].

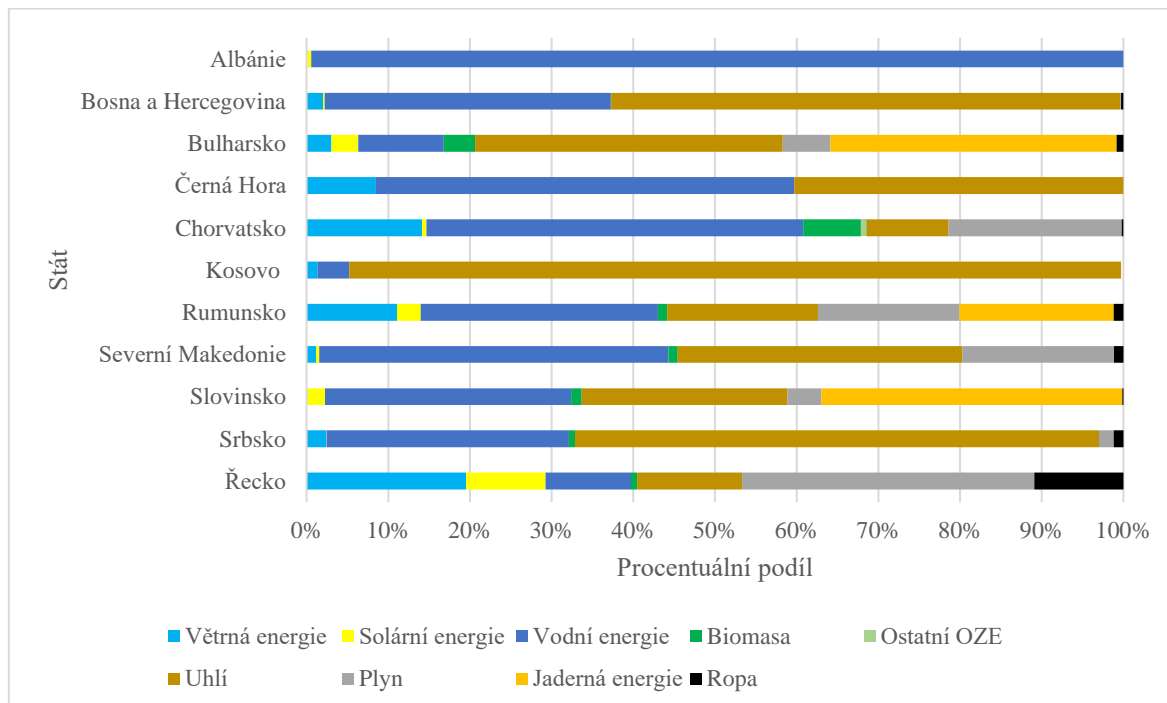
1.3.9 Srbsko

Srbsko uspokojuje většinu své poptávky po elektřině z domácí výroby. Výroba elektřiny je zde přibližně z 64 % závislá na nekvalitním hnědém uhlí, které způsobuje vážné znečištění, zatímco většina zbývajících elektrické energie se vyrábí ve vodních elektrárnách. V posledních čtyřech letech došlo k výraznému zvýšení využívání větrné energie pro výrobu elektřiny, nicméně v roce 2021 se z ní vyrobilo pouze 2,41 % srbské elektřiny [29]. Také v Kosovu se převážná většina elektřiny vyrábí z hnědého uhlí. Jedná se o dvě tepelné elektrárny, které pocházejí z doby Jugoslávie [30].

1.3.10 Řecko

V Řecku pokračuje proces dekarbonizace výroby elektřiny. V lednu 2022 klesl podíl uhelných elektráren v energetickém mixu Řecka na 12 %. Navzdory tomuto poklesu bude postupné vyřazování hnědého uhlí prodlouženo z roku 2025 na rok 2028 jako opatření ke snížení závislosti na dovozu zemního plynu. Podíl OZE na výrobě elektřiny v Řecku se mezi lety 2017 a 2021 zvýšil o více než 25 % [12, 31].

Energetické mixy zemí jihovýchodní Evropy pro rok 2021 jsou zobrazeny v Tabulka 3 a Tabulka 4. Jejich grafické znázornění je na Obr. 8.



Obr. 8 Grafické znázornění energetického mixu zemí jihovýchodní Evropy v roce 2021 (zdroj dat: [12, 30])

Tabulka 3 Energetický mix zemí jihovýchodní Evropy v roce 2021 část 1 (zdroj dat: [12, 30])

	Albánie	Bosna a Hercegovina	Bulharsko	Černá Hora	Chorvatsko	Kosovo
Větrná energie	0,00 %	2,04 %	3,04 %	8,49 %	14,15 %	1,44 %
Solární energie	0,56 %	0,17 %	3,29 %	0,00 %	0,54 %	0,00 %
Vodní energie	99,44 %	35,03 %	10,45 %	51,24 %	46,12 %	3,98 %
Biomasa	0,00 %	0,06 %	3,87 %	0,00 %	7,04 %	0,00 %
Ostatní OZE	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,74 %	0,00 %
Uhlí	0,00 %	62,31 %	37,65 %	40,27 %	10,02 %	94,58 %
Plyn	0,00 %	0,11 %	5,82 %	0,00 %	21,19 %	0,00 %
Jaderná energie	0,00 %	0,00 %	35,03 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
Ropa	0,00 %	0,28 %	0,85 %	0,00 %	0,20 %	0,00 %

Tabulka 4 Energetický mix zemí jihovýchodní Evropy v roce 2021 část 2 (zdroj dat: [12])

	Rumunsko	Severní Makedonie	Slovinsko	Srbsko	Řecko
Větrná energie	11,09 %	1,16 %	0,06 %	2,41 %	19,53 %
Solární energie	2,90 %	0,39 %	2,19 %	0,03 %	9,74 %
Vodní energie	29,02 %	42,74 %	30,14 %	29,69 %	10,44 %
Biomasa	1,11 %	1,16 %	1,29 %	0,75 %	0,75 %
Ostatní OZE	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
Uhlí	18,47 %	34,82 %	25,19 %	64,14 %	12,87 %
Plyn	17,31 %	18,57 %	4,18 %	1,80 %	35,74 %
Jaderná energie	18,89 %	0,00 %	36,82 %	0,00 %	0,00 %
Ropa	1,21 %	1,16 %	0,13 %	1,18 %	10,93 %

1.4 Jižní Evropa

Jižní Evropa je oblast, kterou tvoří Andorra, Gibraltar, Itálie, Malta, Monako, Portugalsko, San Marino a Španělsko.

1.4.1 Andorra

Andorra je malá země s malým vlastním potenciálem pro výrobu elektřiny. V důsledku toho je nucena dovážet elektřinu ze Španělska a Francie. Roční podíl dovozu elektřiny se pohybuje kolem 80 %, což představuje významný faktor pro energetickou bezpečnost země. Vlastní výroba elektřiny v Andoře spočívá hlavně na vodních elektrárnách. Solární a větrná energie zaujímají méně významnou roli [32].

1.4.2 Malta

Malta je ostrovní zemí s omezeným potenciálem pro využití obnovitelných zdrojů energie. Jejich podíl se pohybuje kolem 8,5 %, přičemž hlavním zdrojem je solární energie. Fosilní paliva, jako ropa a plyn, vyrobí více než 90 % z celkové spotřeby elektrické energie [12].

1.4.3 Gibraltar, Monako a San Marino

Gibraltar využívá pro výrobu elektřiny hlavně fosilní paliva, jako jsou ropa, uhlí a plyn [33]. Monako je, stejně jako Andorra, závislé na dovozu elektřiny z Francie. San Marino pak dováží elektřinu z Itálie.

1.4.4 Itálie

Itálie je stát s vysokým využitím obnovitelných zdrojů energie pro výrobu elektřiny. Od roku 2007 vzrostl podíl OZE v energetickém mixu z 15,53 % na více než 41 %. Z OZE se nejvíce využívají vodní elektrárny, které vyrobí necelých 16 % z celkové produkce elektřiny v zemi. Přesto je stále největším zdrojem energie pro výrobu elektřiny plyn, který tvoří více než 48 % z celkové produkce. Ropa a uhlí pak společně vyrobí okolo 10 % elektřiny. Itálie ale plánuje do roku 2025 přestat využívat uhlí a do roku 2030 zvýšit podíl obnovitelných zdrojů na konečné hrubé výrobě elektřiny na 72 % a do roku 2050 na 95-100 %. Přesněji řečeno, Itálie bude muset přidat 70 GWe instalovaného výkonu elektrické energie z obnovitelných zdrojů, což po přidání k současným 58 GWe dosáhne do roku 2030 celkem 128 GWe, čímž bude splněna výše uvedená kvóta 72 % [12, 34].

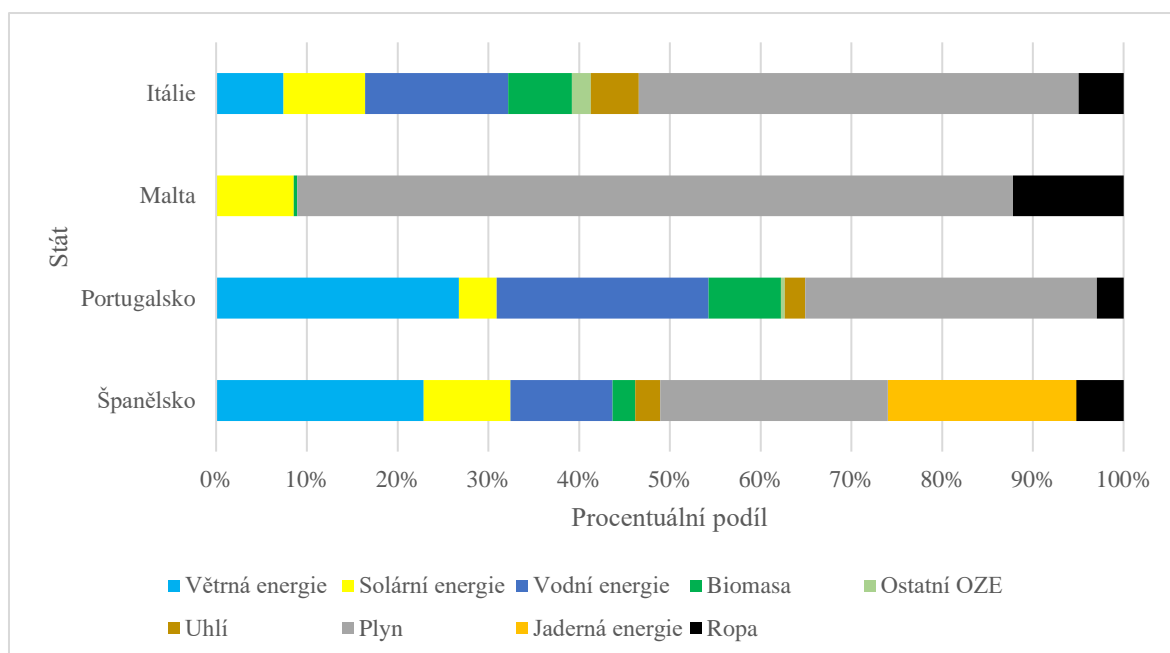
1.4.5 Portugalsko

Portugalsko má, stejně jako Itálie, vysoký podíl obnovitelných zdrojů energie v energetickém mixu (62 %). Největší podíl tvoří vodní a větrná energie, které vyrobí přibližně polovinu celkové elektřiny. A ačkoliv Portugalsko hojně využívá obnovitelných zdrojů energie, ropa a uhlí stále tvoří minoritní podíl v energetickém mixu, konkrétně mezi 5 až 6 %. Téměř třetina elektřiny v zemi pak pochází z využívání plynu. Portugalsko by ale mohlo dosáhnout klimatické neutrality dříve než v roce 2045. Nová portugalská vláda také posunula cíl vyrábět 80 % elektřiny z obnovitelných zdrojů energie z roku 2030 již na rok 2026 [12, 35].

1.4.6 Španělsko

I ve Španělsku se podíl obnovitelných zdrojů energie pohybuje na vysoké úrovni (kolem 46 %). Avšak díky rozvoji infrastruktury odhaduje Red Eléctrica (provozovatel národní elektrické sítě ve Španělsku), že v roce 2026 dosáhne podíl OZE na výrobě elektřiny 67 %. Velké množství elektřiny bylo v roce 2021 také vyrobeno z plynu (25,08 %) a jaderné energie (20,79 %) [12, 36].

V Tabulka 5 a na Obr. 9 jsou zobrazeny energetické mixy relevantních zemí jižní Evropy pro rok 2021. Země z této části Evropy, které velké množství elektřiny dováží nebo je obtížné získat důvěryhodná data o jejich energetických mixech nejsou do tabulky ani grafu zahrnuty.



Obr. 9 Grafické znázornění energetického mixu zemí jižní Evropy v roce 2021 (zdroj dat: [12])

Tabulka 5 Energetický mix zemí jižní Evropy v roce 2021 (zdroj dat: [12])

	Itálie	Malta	Portugalsko	Španělsko
Větrná energie	7,44 %	0,00 %	26,77 %	22,87 %
Solární energie	8,98 %	8,54 %	4,15 %	9,56 %
Vodní energie	15,77 %	0,00 %	23,34 %	11,25 %
Biomasa	7,01 %	0,41 %	7,97 %	2,50 %
Ostatní OZE	2,09 %	0,00 %	0,45 %	0,01 %
Uhlí	5,28 %	0,00 %	2,24 %	2,74 %
Plyn	48,45 %	78,85 %	32,11 %	25,07 %
Jaderná energie	0,00 %	0,00 %	0,00 %	20,79 %
Ropa	4,98 %	12,20 %	2,97 %	5,21 %

1.5 Střední Evropa

Střední Evropa je část Evropy, do které spadá Česko, Maďarsko, Německo, Polsko, Rakousko, Slovensko a Švýcarsko.

1.5.1 Česko

V Česku stále hrají důležitou roli se zhruba 40 % podílem na výrobě elektřiny uhelné elektrárny. Přitom Česko bude muset spalování uhlí pro výrobu elektřiny ukončit. Zavázalo se totiž k cíli EU snižovat emise CO₂ na absolutní minimum a v příštích letech musí dojít k omezení provozu uhelných elektráren. V současnosti je instalovaný výkon hnědouhelných elektráren v ČR asi 10 800 MWe (představující okolo 53 %) a předpokládaný pokles (podle Státní energetické koncepce ČR) je do roku 2035 až na cca 6 400 MWe (31,5 %) a do roku 2040 až na cca 2 600 MWe (12,7 %). Využívání uhelných elektráren tedy bude dramaticky klesat a jejich podíl na výrobě elektřiny k roku 2040 je podle státní energetické koncepce cílen na 11 až 21 %. Kolem roku 2040 lze ovšem rovněž předpokládat i postupné odstavování stávajících bloků jaderné elektrárny Dukovany. To bude představovat další snížení instalovaného výkonu (pokud nedojde k výstavbě nových bloků). Obnovitelné zdroje mají a budou mít při změně evropské energetiky důležitou roli. Česko má ale pro rozvoj a využívání obnovitelných zdrojů přirozeně

omezený potenciál, který je dán přírodními podmínkami a nároky na ochranu životního prostředí. I přesto by ale Česko mělo začít lépe využívat různé nízkouhlíkové zdroje energie, které mu mohou pomoci bezpečně přejít na čistší energetický systém a napájet jeho ekonomiku po další desetiletí. Rovněž by se země měla připravit na urychlení dalšího zavádění obnovitelných zdrojů energie a jaderných elektráren. Také by měl být posouzen plný ekonomický potenciál všech dostupných forem obnovitelných zdrojů energie a vypracovány plány jejich plného využití. Česko by mělo postupně zavést uhlíkovou daň v odvětvích, na něž se nevztahuje systém EU pro obchodování s emisemi. Tím dojde ke stimulaci nízkouhlíkových investic a snížení spotřeby fosilních paliv a zároveň se zvýší přijetí ze strany veřejnosti tím, že se výnosy vrátí spotřebitelům [37, 38].

1.5.2 Maďarsko

Maďarsko přijalo v červnu 2020 nový zákon, který stanovuje cíl nulových čistých emisí do roku 2050 jako zákonný požadavek. Maďarská národní energetická strategie do roku 2030 byla rovněž pozměněna tak, aby zahrnovala vizi pro rok 2040. Mezi hlavní hnací síly pro dosažení cíle do roku 2050 patří elektřina z obnovitelných zdrojů a jaderná elektřina. Očekávají se významné investice do odvětví energetiky, včetně výstavby nové jaderné elektrárny. Ačkoli se výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů enormně rozšířila (oproti roku 2010 má dvojnásobný podíl v energetickém mixu), růst tohoto odvětví byl v poslední době zpomalen nedostatečným počtem míst pro připojení k síti [12, 39].

1.5.3 Německo

V Německu neustále roste podíl vyrobené elektřiny z obnovitelných zdrojů (od roku 2010 vzrostl o 20 %) [12]. Naopak využívání jaderné energie od roku 2011, kdy německá vláda oznámila svůj plán do roku 2022 odstavit všechny jaderné reaktory postupně klesá. V roce 2021 se na výrobě elektřiny v Německu podílely jaderné elektrárny už jen z necelých 12 %. Nicméně kvůli energetické krizi byla německá vláda nucena odložit úplné odstavení jaderných reaktorů do dubna roku 2023 [40]. Německo má ambiciózní plán vyrábět 80 % elektřiny v roce 2030 pomocí obnovitelných zdrojů energie a plánuje také úplné ukončení využívání uhlí k výrobě elektřiny do roku 2038 [41, 42].

1.5.4 Polsko

Polsko je největším opozdilcem EU v oblasti přechodu na čistou energii. Stále totiž vyrábí 83 % elektřiny z fosilních paliv, což ho řadí na první místo v EU. V roce 2021 pocházelo 71 % elektřiny v zemi z uhlí. Pouze necelých 17 % polské elektřiny bylo vyrobeno z obnovitelných zdrojů energie, což je hodnota, která patří k nejnižším v EU a je porovnatelná pouze s mnohem menšími státy střední a východní Evropy. Z analýzy Národního energetického a klimatického plánu vyplývá, že do roku 2030 hodlá Polsko tento podíl zvýšit pouze na 32 %, což je výrazně pod průměrem EU, který činí 59 %. Zároveň vláda aktivně blokuje zavádění obnovitelných zdrojů energie [12, 43].

1.5.5 Rakousko

Rakouský energetický mix je již nyní velmi ekologický - 72 % elektrické energie pochází z obnovitelných zdrojů, převážně z vodních a větrných elektráren. Ale vyrábí elektřinu i z plynu a ropy. Cílem nové rakouské legislativy je však dosáhnout v roce 2030 100 % podílu elektřiny z obnovitelných zdrojů [12, 44].

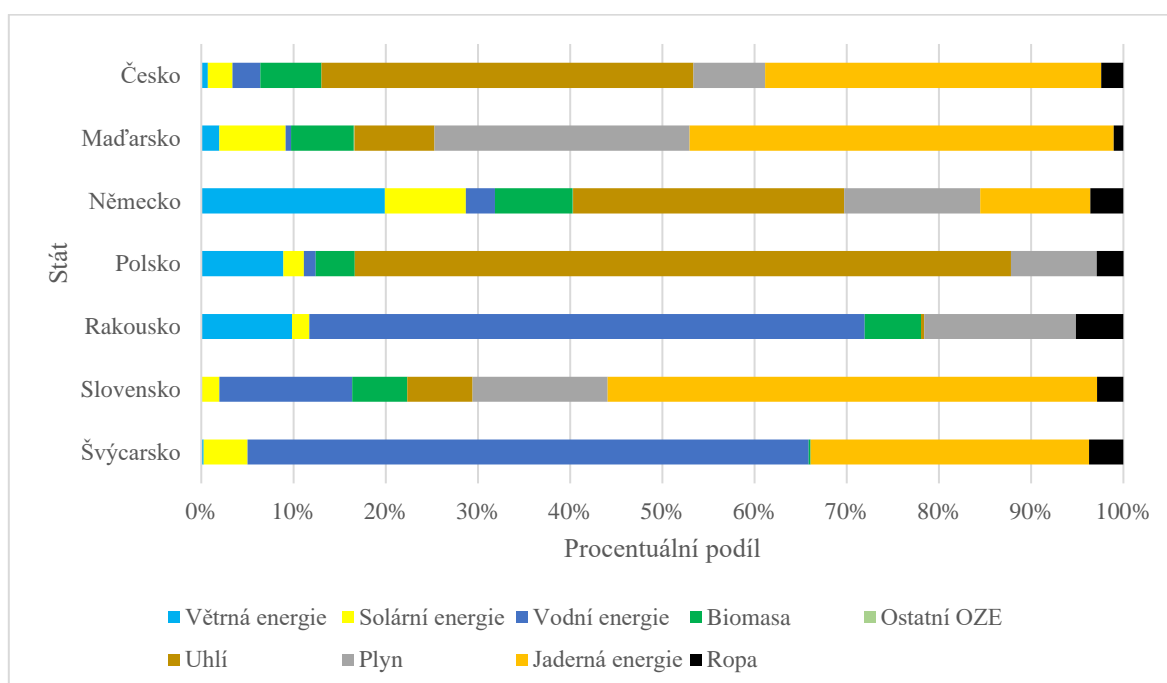
1.5.6 Slovensko

Na Slovensku vyrábějí více než polovinu (53 %) elektrické energie jaderné elektrárny Bohunice a Mochovce. Obnovitelné zdroje energie vyrobí dalších přibližně 22 %. Nicméně Slovensko předpokládá, že podíl OZE na výrobě elektřiny vzroste do roku 2030 na 27,3 %. V roce 2021 se ale téměř čtvrtina elektřiny vyrobila z fosilních paliv [12, 45].

1.5.7 Švýcarsko

Švýcarsko hodlá do roku 2035 téměř ztrojnásobit výrobu elektřiny pomocí nevodních obnovitelných zdrojů, jako je větrná a solární energie. V roce 2021 vyrobilo více než 680 vodních elektráren 61 % elektřiny spotřebované ve Švýcarsku. Čtyři jaderné elektrárny v zemi vyrobily dalších 30 % elektřiny. Švýcarsko ale plánuje vyřadit své jaderné elektrárny z provozu odstavením na konci jejich současné předpokládané životnosti, nejpozději však v roce 2034 [12, 46].

Energetické mixy zemí střední Evropy pro rok 2021 jsou zobrazeny v Tabulka 6. Jejich grafické znázornění je na Obr. 10.



Obr. 10 Grafické znázornění energetického mixu zemí střední Evropy v roce 2021 (zdroj dat: [12])

Tabulka 6 Energetický mix zemí střední Evropy v roce 2021 (zdroj dat: [12])

	Česko	Maďarsko	Německo	Polsko	Rakousko	Slovensko	Švýcarsko
Větrná energie	0,72 %	1,95 %	19,90 %	8,92 %	9,83 %	0,03 %	0,25 %
Solární energie	2,66 %	7,21 %	8,79 %	2,21 %	1,90 %	1,93 %	4,76 %
Vodní energie	3,02 %	0,57 %	3,16 %	1,28 %	60,20 %	14,42 %	60,87 %
Biomasa	6,62 %	6,81 %	8,43 %	4,25 %	6,11 %	5,97 %	0,18 %
Ostatní OZE	0,01 %	0,06 %	0,05 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
Uhlí	40,33 %	8,70 %	29,40 %	71,13 %	0,36 %	7,06 %	0,00 %
Plyn	7,78 %	27,68 %	14,75 %	9,31 %	16,44 %	14,66 %	0,00 %
Jaderná energie	36,45 %	45,99 %	11,95 %	0,00 %	0,00 %	53,08 %	30,22 %
Ropa	2,41 %	1,03 %	3,57 %	2,90 %	5,16 %	2,85 %	3,72 %

1.6 Západní Evropa

Západní Evropu tvoří Belgie, Francie, Irsko, Lucembursko, Nizozemsko a Velká Británie.

1.6.1 Belgie

V Belgii pokrývá jaderná energie více než polovinu poptávky po elektřině (51 %). Ústředním prvkem belgické energetické transformace byl vládní plán uzavřít do roku 2025 nejméně pět ze sedmi belgických jaderných elektráren. V důsledku ruské invaze na Ukrajinu se však Belgie obává prudkého růstu cen energie a rozhodla se odložit ukončení využívání jaderné energie o 10 let. Výroba elektřiny z uhlí byla ukončena již v roce 2016 a Belgie je světovým lídrem v oblasti offshore větrné energie (vyráběné na moři). Ta v roce 2020 dosáhla instalovaného výkonu 2,23 GWe a do roku 2030 je plánováno dosažení 4,5 GWe [12, 47].

1.6.2 Francie

Ve Francii je hlavním zdrojem elektřiny jaderná energie. Více než dvě třetiny francouzské elektřiny pochází z 56 jaderných reaktorů a Francie je již 30 let vývozcem elektřiny. Francouzská víceletá energetická strategie zveřejněná v dubnu 2020 kodifikovala (uzákonila) vládní plán snížit podíl jaderné energie v energetickém mixu pro výrobu elektřiny z více než 70 % na 50 % do roku 2035 a zvýšit roli obnovitelných zdrojů. Prezident Macron však v únoru 2022 oznámil, že Francie postaví šest nových jaderných reaktorů a zváží výstavbu dalších osmi. Dle jeho tvrzení to pomůže ukončit závislost země na fosilních palivech a zajistí klimatickou neutralitu Francie do roku 2050 [12, 48, 49].

1.6.3 Irsko

V Irsku jsou nejvýznamnějšími zdroji energie pro výrobu elektřiny plyn a větrná energie. Dohromady se z nich vyrábí více než 72 % celkové elektřiny. Avšak irská vláda se v akčním plánu pro klima zavázala zvýšit výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů. Cíle stanovené v tomto plánu jsou zvýšit podíl OZE na výrobě elektřiny do roku 2030 z 30 % až na 80 % [12, 50].

1.6.4 Lucembursko

Lucembursko je malá země s nízkou poptávkou po elektřině, přesto se snaží být co nejvíce ekologická. Využívá proto hlavně obnovitelné zdroje energie. Biomasa, větrná, solární a vodní energie vyrobí v zemi více než 80% elektřiny. Kromě obnovitelných zdrojů se v Lucembursku využívá také plyn a ropa, které produkují necelých 20 % elektřiny v zemi [12].

1.6.5 Nizozemsko

Nizozemsko bylo jednou z prvních zemí EU, která oznámila, že plánuje úplně vyřadit zemní plyn ze svého energetického mixu. Potřeba přechodu od zemního plynu nabyla v Nizozemsku na naléhavosti zvláště po ruské invazi na Ukrajinu, neboť například v roce 2021 z něj bylo vyrobeno více než 44 % nizozemské elektřiny. Dosažení cílů z balíčku Fit for 55 plánuje země dosáhnout především výstavbou offshore větrných elektráren v Severním moři. Nizozemsko chce také otevřít dvě nové jaderné elektrárny [12, 51].

1.6.6 Velká Británie

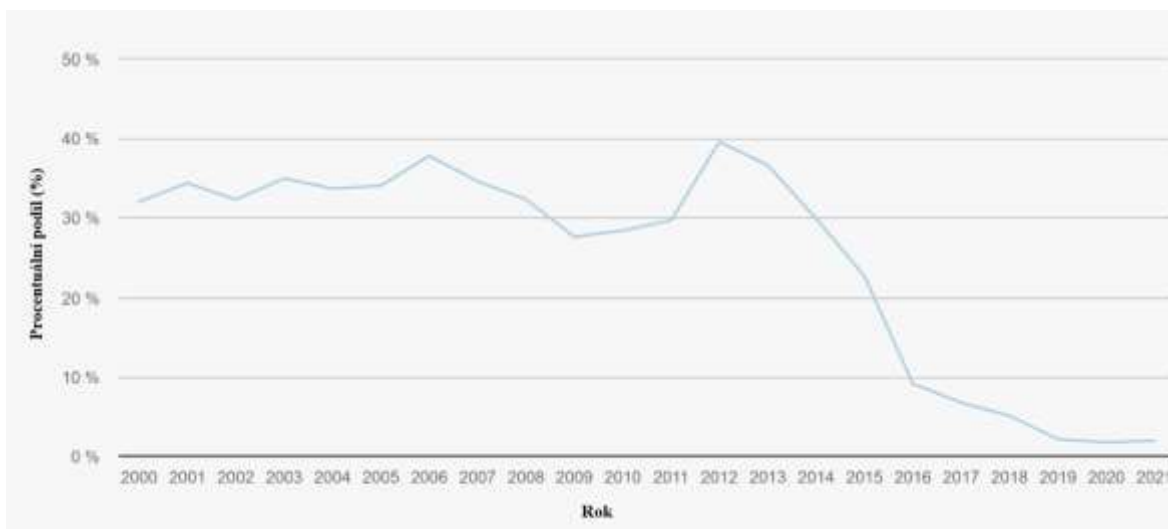
Velká Británie ještě před deseti lety vyráběla ve velké míře elektřinu z plynu a uhlí, ale v posledních letech usiluje o snížení své závislosti na těchto palivech a dochází k velkému nárůstu podílu větrné energie, a naopak k výraznému snížení podílu uhlí na celkové produkci elektřiny. Tento trend lze vidět na Obr. 11. Od roku 2010 Velká Británie podstatně zvýšila podíl OZE v energetickém mixu (o 33 %). Vládní plán je dekarbonizovat výrobu elektřiny do roku

2035 pomocí offshore větrných elektráren, solárních elektráren a dalších obnovitelných zdrojů energie. Rovněž i pomocí nových jaderných elektráren [12, 52].

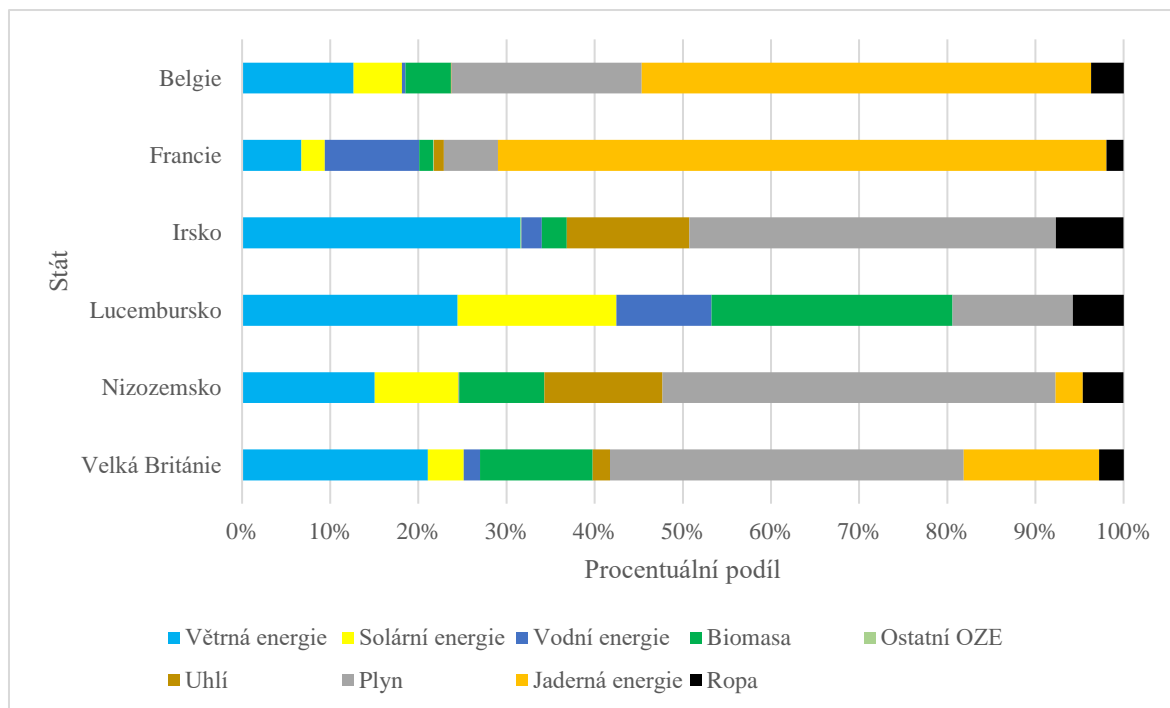
Energetické mixy jednotlivých zemí západní Evropy pro rok 2021 lze vidět na Obr. 12 a v Tabulka 7.

Tabulka 7 Energetický mix zemí západní Evropy v roce 2021 (zdroj dat: [12])

	Belgie	Francie	Irsko	Lucembursko	Nizozemsko	Velká Británie
Větrná energie	12,64 %	6,74 %	31,59 %	24,46 %	15,05 %	21,07 %
Solární energie	5,51 %	2,63 %	0,07 %	17,99 %	9,52 %	4,08 %
Vodní energie	0,38 %	10,72 %	2,34 %	10,79 %	0,08 %	1,83 %
Biomasa	5,15 %	1,57 %	2,84 %	27,33 %	9,64 %	12,80 %
Ostatní OZE	0,00 %	0,11 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,01 %
Uhlí	0,09 %	1,11 %	13,89 %	0,00 %	13,40 %	1,96 %
Plyn	21,55 %	6,15 %	41,61 %	13,67 %	44,59 %	40,10 %
Jaderná energie	50,99 %	69,05 %	0,00 %	0,00 %	3,11 %	15,34 %
Ropa	3,69 %	1,92 %	7,66 %	5,76 %	4,61 %	2,81 %



Obr. 11 Podíl uhlí na výrobě elektřiny ve Velké Británii v letech 2000 až 2021 (převzato a upraveno z [10])

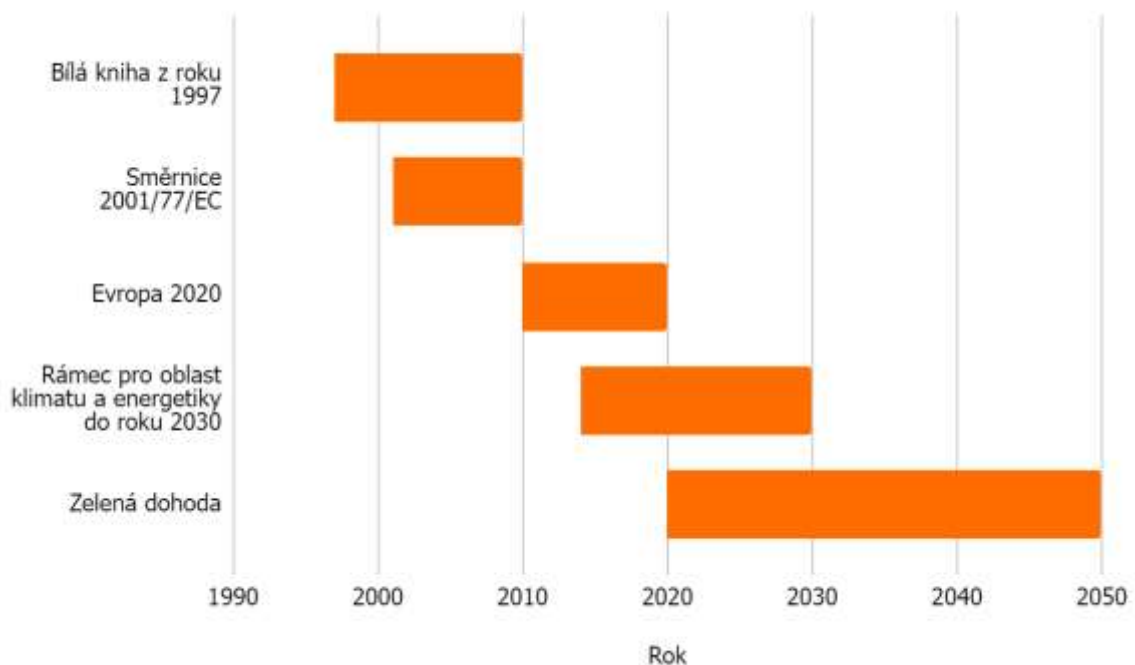


Obr. 12 Grafické znázornění energetického mixu zemí západní Evropy v roce 2021 (zdroj dat: [12])

2 Klíčové faktory ve vývoji evropské energetiky

Od poloviny 20. století došlo v Evropě k významným změnám v oblasti energetiky. Tyto změny byly ovlivněny formováním mezinárodních společenství, podepsáním mezinárodních dohod a ve 21. století také nařízením EU a ruskou invazí na Ukrajinu. Nejdůležitější z nich jsou podrobněji rozebrány v podkapitolách 2.1 až 2.5.

Tato kapitola se věnuje historickému vývoji evropské energetiky a definici klíčových faktorů, které její vývoj ovlivnily. Tyto faktory poskytují lepší pochopení současné situace a umožňují lépe odhadnout budoucí vývoj energetického sektoru v Evropě. Dohody v rámci OSN v této kapitole nejsou rozebírány z důvodu jejich implementace Evropskou unií ve formě vlastních iniciativ a nařízeních. V některých podkapitolách této části práce jsou popsána nařízení týkající se energie obecně namísto elektrické energie, nicméně tato nařízení mají na výrobu a spotřebu elektrické energie přímý dopad a jsou proto velmi relevantní. Na Obr. 13 je znázorněna časová osa jednotlivých politických faktorů popsaných v této kapitole.



Obr. 13 Grafické znázornění platnosti politických iniciativ a nařízeních [8, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59]

Politické organizace

2.1.1 Založení EHS a Euratomu

Francie, Západní Německo, Itálie, Belgie, Lucembursko a Nizozemsko podepsali 25. března 1957 v Římě dvě smlouvy, které položily základy sjednocené Evropy. První smlouva vytvořila Evropské hospodářské společenství (EHS) a druhá Evropské společenství pro atomovou energii (Euratom) [53, 54].

Účelem Smlouvy o Euratomu bylo podpořit mírové využívání jaderné energie a zavést společný systém pro zásobování štěpnými materiály, jako je uran. Cílem bylo posílit energetickou nezávislost Evropy a zajistit dodávky surovin v důsledku suezské krize, která hrozila přerušением dodávek ropy. Některá ustanovení této smlouvy jsou v platnosti dodnes [53, 54].

2.1.2 Římská smlouva

Evropské hospodářské společenství (EHS) bylo založeno s cílem propojit šest zemí (Belgii, Německo, Francii, Itálii, Lucembursko a Nizozemsko) a usilovat o integraci a hospodářský růst prostřednictvím rozvoje obchodu. EHS vytvořilo společný trh, na kterém byl zaručen volný pohyb: zboží, osob, služeb a kapitálu [53].

Římská smlouva, která byla několikrát upravena, se dnes nazývá Smlouva o fungování Evropské unie. Evropského hospodářského společenství a společný trh měly za cíl změnit podmínky obchodu a výroby na území svých šesti členů a také vést směrem k těsnějšímu politickému sjednocení Evropy [53].

2.1.3 Smlouva o založení Evropského společenství pro atomovou energii

Smlouva Euratom byla původně vytvořena, za účelem napomáhání v koordinaci výzkumných programů členských států pro mírové využití jaderné energie. Dnes přispívá ke společnému sdílení znalostí, infrastruktury a financování jaderné energie. Zajišťuje bezpečnost zásobování jadernou energií prostřednictvím centralizované kontroly [54].

Ve snaze bojovat proti obecnému nedostatku „tradiční“ energie z padesátých let minulého století hledalo šest zakládajících států v jaderné energii způsob, jak dosáhnout energetické nezávislosti. Jelikož investiční náklady na jadernou energii přesahovali možnosti jednotlivých států, spojily se zakládající státy a vytvořily Euratom [54].

Smlouva Euratom má jako hlavní cíl podporovat vznik a rozvoj evropského jaderného průmyslu, aby všechny členské státy mohly využívat rozvoj jaderné energie a zajišťovat bezpečnost dodávek. Současně zajišťuje vysokou úroveň bezpečnosti pro obyvatelstvo a zabraňuje zneužití jaderných surovin pro vojenské účely. Je také důležité připomenout, že Euratom má pravomoci pouze v civilní a mírové oblasti jaderné energie [54].

Posláním Euratomu je:

- *„rozvíjet výzkum a zajišťovat šíření technických poznatků,*
- *vypracovávat a zajistit používání jednotných bezpečnostních standardů na ochranu zdraví obyvatelstva a pracovníků,*
- *usnadňovat investice a zajišťovat vybudování základních zařízení nezbytných pro rozvoj jaderné energetiky v EU,*

- *dbát na pravidelné a rovnoměrné zásobování všech uživatelů v EU rudami a jadernými palivy“ [54].*

2.1.4 Východní partnerství

Od roku 2010 se v rámci Východního partnerství konají setkání, kterých se účastní zástupci EU a partnerských zemí (Arménie, Ázerbájdžán, Bělorusko, Gruzie, Moldavsko a Ukrajina). Cílem spolupráce v oblasti energetiky je podpořit partnerské země na jejich cestě k nízkouhlíkovému hospodářství a zlepšit jejich hospodářskou a politickou odolnost zvýšením bezpečnosti dodávek energie. Existuje také program EU4Energy, jehož cílem je podpořit přechod na nízkouhlíkovou a čistou energetiku v zemích Východního partnerství. Energetické vztahy jsou základem energetické bezpečnosti a energetické transformace všech zúčastněných partnerů [60].

2.2 Liberalizace trhu s elektřinou

Liberalizace trhu s elektřinou začala ve Velké Británii a Skandinávii v 90. letech minulého století. Vláda Velké Británie se v roce 1990 rozhodla privatizovat výrobce a distributory elektrické energie. Rozdělila státní podnik CEBG na tři výrobní společnosti a jednu distribuční. Tyto společnosti byly posléze zprivatizovány. Výjimku měla pouze společnost, která provozovala britské jaderné elektrárny. Tímto byla vytvořena konkurence ve výrobě a zároveň i spotový denní trh. Společnosti byly povinné účastnit se trhu s elektřinou, který byl spravován přenosovou společností. Avšak zpočátku byly ceny velmi vysoké kvůli oligopolu dvou velkých elektrárenských společností. Mezi lety 1994 a 1998 docházelo k postupnému zvyšování konkurence na energetickém trhu, což mělo za následek klesnutí cen elektřiny.

Švédský parlament rozhodl o liberalizaci elektroenergetického sektoru na jaře roku 1994. Poté založili systémoví operátoři Švédska a Norska burzu elektřiny pro celou Skandinávii (s označením Nordpool). Postupem času se do ní připojilo i Finsko a západní část Dánska [55].

2.2.1 Liberalizace trhu s elektřinou v EU

Vytvoření společného hospodářského prostoru mezi zeměmi Evropského společenství bylo urychleno přijetím Maastrichtské smlouvy v roce 1992 a vznikem Evropské unie. Během liberalizace energetiky ve Velké Británii a vývoji tržních pravidel současně s vytvářením jednotného prostoru mezi zeměmi EU bylo nutné začít odstraňovat bariéry mezi uzavřenými národními energetikami. Cílem bylo vytvořit v této oblasti jednotný celoevropský konkurenční prostor (evropský vnitřní trh s elektřinou). V roce 1996 padlo rozhodnutí o liberalizaci trhu s elektřinou a bylo kodifikováno Směrnicí 1996/92/EC [55].

2.2.2 První liberalizační směrnice

Tato směrnice vstoupila v platnost v roce 1996 a stanovovala minimální požadavky na otevřený trh s elektřinou. Avšak k naplnění těchto požadavků nechávala velký prostor pro variantní řešení v rámci principu subsidiarity (EU nezasahuje v případě, že určitou otázku mohou účinně řešit samy členské státy na ústřední, regionální nebo místní úrovni) [55, 61].

Tato směrnice nastavovala pravidla zejména pro:

- zajištění přístupu k sítím,
- způsob zajištění rozvoje zdrojů,

- nezávislý dohled nad odvětvím,
- regulace monopolních činností,
- zavedení nezávislých provozovatelů sítí.

2.2.3 Druhá liberalizační směrnice

Z důvodů odlišného postavení národní energetiky a vlivu státu na její řízení v různých zemích, byla první směrnice jednotlivými státy přijata odlišně. Odlišný byl také přístup těchto států k její implementaci. To znamenalo čím dál větší rozdíly mezi opravdu otevřenými trhy s elektřinou a trhy s omezeným vstupem. Z tohoto důvodu byla připravena Evropskou komisí nová Směrnice č. 54/2003/EC, kterou doplnila a rozšířila závazné podmínky s vyšší mírou podrobnosti [55, 61].

Směrnice vstoupila v platnost v roce 2004 a jejím obsahem bylo především:

- existence nezávislého regulátora,
- oddělení provozovatelů distribučních soustav od dodavatelů elektřiny,
- právní oddělení systémových operátorů od výroby a obchodu,
- zrušení tarifů za přeshraniční přenos,
- zavedení kompenzace nákladů mezi provozovateli sítí.

2.2.4 Třetí liberalizační balíček

Navzdory urychlení procesu integrace trhů se v letech 2007 a 2008 stále jednalo spíše o propojení národních trhů než o jednotný trh. Jednotlivé členské státy se velmi neochotně vzdávaly možnosti regulovat své národní trhy. A jelikož spousta národních regulátorů bylo pod politickým vlivem, stanovovala nebo schvalovala tarify ministerstva. Proto byl v roce 2009 schválen tzv. třetí liberalizační balíček. Jeho součástí již byly právní normy pro liberalizaci trhů s elektřinou. Rovněž dal vzniknout agentuře regulátorů, která má za úkol hrát koordinační roli. Legislativa třetího balíčku ve své úplnosti nebyla dodnes ve všech detailech a ve všech zemích implementována. Nicméně i přesto přinesla významný pokrok ve vytváření shodného tržního prostředí s elektřinou ve většině zemí EU. Národní trhy jednotlivých zemí se pak začaly propojovat do větších celků od roku 2007 [55, 61].

2.3 Iniciativy a nařízení Evropské unie

2.3.1 Bílé knihy z roku 1995 a 1997

V Bílé knize o energetické politice pro Evropskou unii z roku 1995 byly stanoveny hlavní cíle pro zlepšení konkurenceschopnosti, bezpečnosti dodávek a ochrany životního prostředí. Zároveň byla obnovitelná energie identifikována jako faktor pro dosažení těchto cílů. Bílá kniha o strategii a akčním plánu společenství z roku 1997 stanovila orientační cíl mít podíl obnovitelných zdrojů energie na celkové spotřebě energie 12 % do roku 2010. Na konci roku 2001 byla přijata Směrnice 2001/77/EC o výrobě elektřiny z OZE, která stanovila orientační cíl pro státy EU-15. Cílem směrnice bylo aby 22,1 % spotřebované elektřiny v roce 2010 bylo vyrobeno z OZE [56, 57].

2.3.2 Zelené knihy z 10. let 21. století

V roce 2000 se v rámci EU rozšířily aktivity související s energetickou politikou, což dokládá řada strategických publikací, mezi které patří: Zelená kniha Směrem k evropské strategii pro bezpečnost dodávek energie (2000), Zelená kniha Evropská strategie pro udržitelnou, konkurenceschopnou a bezpečnou energii (2006) a Zelená kniha Směrem k bezpečné, udržitelné a konkurenceschopné evropské energetické síti (2008). Kromě toho byly zveřejněny tři strategické energetické přehledy (2007, 2008 a následný přehled z roku 2009). Základem této diskurzivní produkce byl argument, který byl výslovně vyjádřen v Zelené knize z roku 2000, že "bez aktivní energetické politiky se Evropská unie nebude schopna vymanit ze své rostoucí energetické závislosti" [56, 57].

2.3.3 Energetika ve strategii Evropa 2020

Strategie Evropa 2020 je strategickým dokumentem EU pro období let 2010-2020. Evropská komise v roce 2008 navrhla "klimaticko-energetický balíček", který měl do roku 2020 realizovat cíle "20-20-20", což znamenalo snížit emise CO₂ nejméně o 20 % oproti roku 1990, zvýšit podíl OZE ve spotřebované energii v EU na 20 % a zvýšit energetickou účinnost tak, aby se předpokládaná spotřeba primární energie snížila o 20 %. Přijetím tohoto balíčku podpořily členské státy snahu Evropské komise o společnou energetickou politiku a schválily přímé propojení mezi klimatickou a energetickou politikou [56, 62].

2.3.4 Transevropské energetické sítě

Od roku 2013 se uplatňuje politika transevropských energetických sítí (TEN-E), která podporuje přeshraniční projekty pro propojení energetických sítí mezi členskými státy EU a integraci obnovitelných zdrojů energie. Nové nařízení o TEN-E má za cíl modernizovat, dekarbonizovat a propojit přeshraniční energetickou infrastrukturu EU s ohledem na dosažení klimatické neutrality do roku 2050 [1].

Zároveň má nařízení nadále zajišťovat:

- „integraci trhu,
- konkurenceschopnost,
- zabezpečení dodávek“ [1].

2.3.5 Rámec politiky pro klima a energetiku do roku 2030

Evropská rada znovu potvrdila propojení mezi klimatickou a energetickou politikou v roce 2014 schválením rámce pro klima a energetiku do roku 2030, který zahrnuje závazný cíl snížit do roku 2030 emise CO₂ nejméně o 40 % (ve srovnání s rokem 1990), využívat na úrovni EU nejméně 27 % energie z obnovitelných zdrojů a zvýšení energetické účinnosti o nejméně 27 %. Rovněž mělo do roku 2020 dojít k 10% propojení přenosových soustav (navýšenému o dalších 5 % do roku 2030). Také zde byly definovány kvalitativní cíle, mezi které patřila reforma systému EU pro obchodování s tzv. emisními povolenkami nebo nový rámec pro podávání zpráv členskými státy. Následně došlo k navýšení přijatých cílů v oblastech obnovitelných zdrojů a energetické účinnosti v roce 2018. Evropská unie se tak do roku 2030 zavázala k dosažení podílu obnovitelných zdrojů na konečné spotřebě energie ve výši 32 % a ke zvýšení energetické účinnosti o 32,5 %. Cíl snížit emise skleníkových plynů o alespoň 40 % oproti roku 1990 zůstal stejný [56, 58].

2.3.6 Zelená dohoda pro Evropu

Zelená dohoda pro Evropu je sbírkou politických iniciativ s cílem vést EU k ekologické transformaci a dosáhnout klimatické neutrality do roku 2050. K dosažení tohoto cíle se EU zavázala v prosinci 2019. Evropská rada pak znovu potvrdila závazek EU k ekologické transformaci v prosinci 2020. Nově se vedoucí představitelé EU zavázali k cíli snížit do roku 2030 domácí emise skleníkových plynů alespoň o 55 % oproti úrovním z roku 1990. Tímto závazkem došlo k navýšení předchozího cíle snížit emise alespoň o 40 % do roku 2030, který byl dohodnut v roce 2014. Evropská Rada a Parlament byly vyzvány, aby zohlednily tyto nové cíle v evropském právním rámci pro klima. Evropská komise proto v červenci 2021 představila balíček „Fit pro 55“ [8].

2.3.7 Balíček „Fit for 55“

Jedná se o soubor návrhů nových právních předpisů Evropské unie, které mají pomoci EU a jejím 27 členským státům splnit své klimatické cíle do roku 2030 a 2050. Balíček Fit for 55 byl Radě předložen v červenci 2021 a je projednáván v několika oblastech politiky, jako je životní prostředí, energetika, doprava, hospodářství a finance. Tento balíček je přímou reakcí EU na Pařížskou dohodu [1, 8, 59].

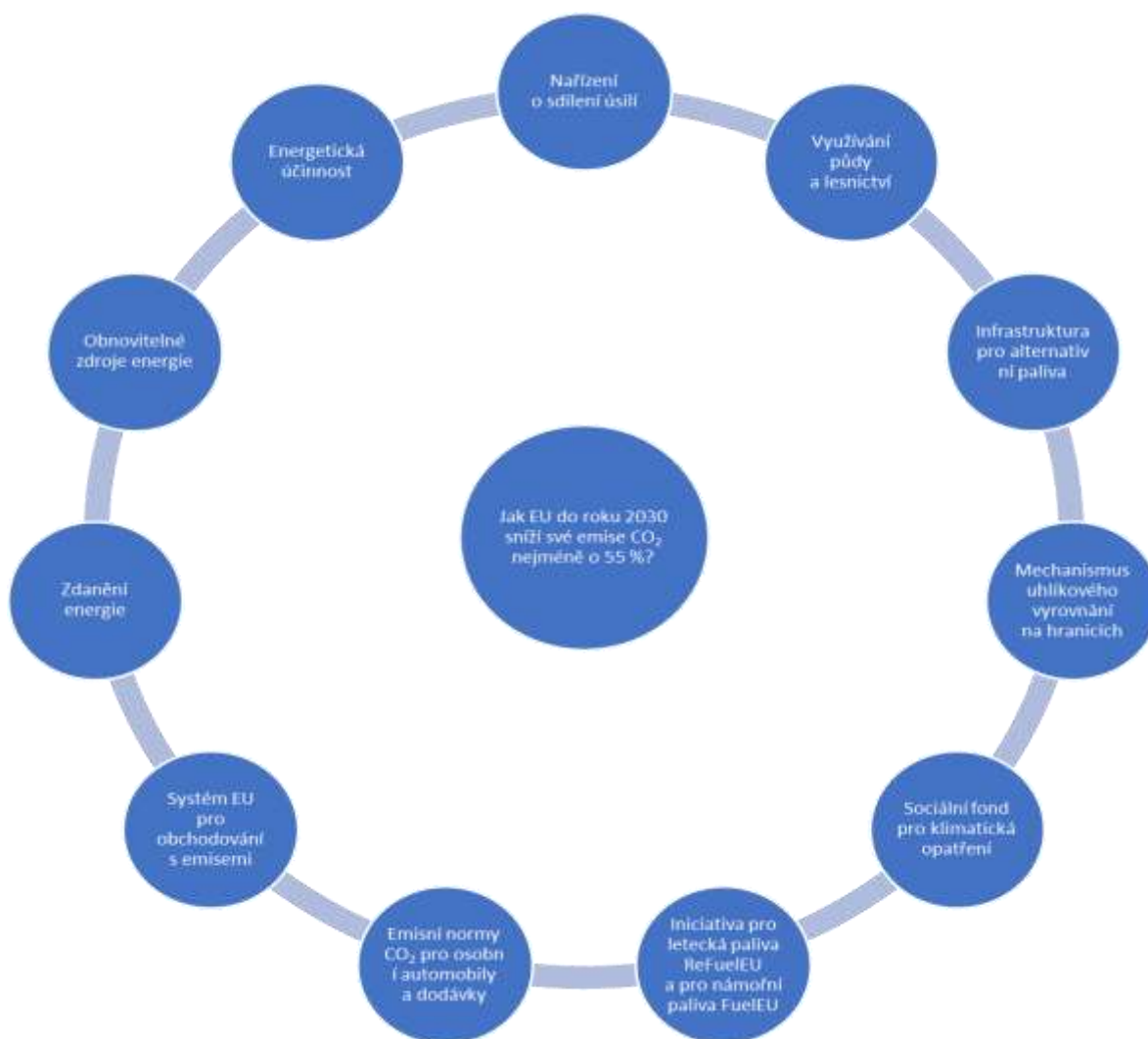
Balíček zahrnuje mimo jiné i návrhy právních předpisů, které se týkají:

- *„systému EU pro obchodování s emisemi,*
- *infrastruktury pro alternativní paliva,*
- *mechanismu uhlíkového vyrovnání na hranicích,*
- *zdanění energie,*
- *obnovitelných zdrojů energie,*
- *energetické účinnosti,*
- *energetické náročnosti budov“* [59].

Cílem tohoto souboru návrhů je poskytnout soudržný a vyvážený rámec pro dosažení cílů EU v oblasti klimatu, který:

- *„zajišťuje spravedlivý a sociálně vyvážený přechod,*
- *zachovává a posiluje inovace a konkurenceschopnost průmyslu EU a zároveň zajišťuje rovné podmínky vůči hospodářským subjektům ze třetích zemí,*
- *podporuje vedoucí postavení EU v celosvětovém boji proti změně klimatu“* [59].

Infografiku balíčku Fit for 55 lze vidět na Obr. 14.



Obr. 14 Infografika: Jak EU promítne klimatické cíle do právních předpisů [59]

2.4 Dopad ruské invaze na Ukrajinu na energetický sektor EU

Ruská invaze na Ukrajinu v únoru 2022 přiměla Evropskou unii, aby na první místo svého seznamu zájmů opět postavila "energetickou suverenitu", tedy myšlenku, aby dodávky energie nebyly příliš závislé na dovozu. V EU i ve světě dochází od druhé poloviny roku 2021 k prudkému nárůstu cen energií. Podle Versailleského prohlášení z března 2022 se vedoucí představitelé 27 členských států EU dohodli na postupném ukončení závislosti na ruských fosilních palivech v co nejkratším možném čase. V květnu 2022 se Evropská rada rozhodla zakázat téměř 90 % dovozu ruské ropy do konce roku 2022, s výjimkou surové ropy dodávané ropovodem [16].

Vedoucí představitelé EU vyzvali s ohledem na různé energetické mixy a podmínky v jednotlivých členských státech k:

- *„diverzifikaci zdrojů a tras dodávek energie,*
- *urychlení zavádění obnovitelných zdrojů energie,*
- *zlepšení energetické účinnosti,*
- *propojení plynárenských a elektroenergetických soustav“ [16].*

Dne 24. listopadu 2022 se Rada EU dohodla na nových opatřeních pro zabezpečení a sdílení dodávek plynu v EU. Tyto opatření zahrnují:

- *„posílení solidarity v případě nedostatku plynu,*
- *lepší koordinaci společných nákupů plynu,*
- *omezení volatility cen plynu a elektřiny,*
- *stanovení spolehlivých referenčních ukazatelů pro ceny plynu“ [16].*

Dne 6. října 2022 schválila EU nařízení týkající se vysokých cen energií. Toto nařízení má pomoci občanům a podnikům v energetické krizi. Nařízení obsahuje tři opatření: snížení spotřeby elektřiny, zastropování příjmů výrobců elektřiny a zajištění solidárního příspěvku od podniků v oblasti fosilních paliv [16].

2.4.1 REPowerEU

Evropská komise předložila plán REPowerEU, který má za cíl s ohledem na ruskou invazi na Ukrajinu učinit Evropu nezávislou na ruských fosilních palivech ještě před rokem 2030.

REPowerEU je plán, jak:

- *„dosáhnout úspor energie,*
- *vyrábět čistou energii,*
- *diverzifikovat dodávky energie“ [63].*

Tento plán se opírá o finanční a právní opatření, která mají za cíl vybudovat nové energetické infrastruktury a systémy, které Evropa potřebuje.

Plán REPowerEU zavádí v rámci energetiky tato střednědobá opatření:

- „větší podpora dekarbonizace průmyslu díky urychlení projektů v rámci Inovačního fondu ve výši 3 miliard eur,
- zavedení nové legislativy a doporučení pro rychlejší povolování obnovitelných zdrojů energie zvláště ve vyhrazených oblastech s malými riziky pro životní prostředí,
- nové investice do integrované a lépe uzpůsobené sítě infrastruktury pro elektřinu a zemní plyn,
- navýšení ambicí v oblasti úspor energie, a to zvýšením celounijního cíle pro energetickou účinnost do roku 2030 z 9 % na 13 %,
- navýšení evropského cíle týkajícího se podílu energie z obnovitelných zdrojů do roku 2030 ze 40 % na 45 %,
- vodíkový akcelérátor s cílem vybudovat 17,5 GW kapacity elektrolýzy do roku 2025 ve snaze zásobovat evropský průmysl 10 miliony tun obnovitelného vodíku vyrobenými v EU,
- vytvoření moderního regulačního rámce pro vodík“ [63].

V plánu REPowerEU je také počítáno s navýšením celkové kapacity výroby energie z OZE do roku 2030 na 1 236 GW ve srovnání s 1 067 GW, s nimiž pro toto období počítá balíček Fit for 55 [63].

Součástí plánu REPowerEU je i unijní strategie v oblasti solární energie, která umožní rozšíření fotovoltaické energie. Tato strategie má za cíl produkovat do roku 2025 více než 320 GW ze solární fotovoltaiky (více než dvojnásobek dnešní úrovně) a téměř 600 GW do roku 2030. Očekává se, že díky elektrifikaci, energetické účinnosti a využívání obnovitelných zdrojů energie by evropský průmysl mohl do roku 2030 ušetřit 35 miliard m³ zemního plynu nad rámec cílů balíčku Fit pro 55 [63].

2.5 Identifikace nejdůležitějšího faktoru ve vývoji evropské energetiky

Historický vývoj evropské energetiky ukazuje, že politická rozhodnutí a nařízení mají na směřování energetiky pravděpodobně největší vliv. Vývoj energetiky je velmi komplexní proces, který ovlivňuje mnoho faktorů. Zahrnuje technologické inovace, ekonomické podmínky, environmentální vlivy, sociální faktory a další. Technologické inovace jsou velmi důležitým faktorem pro vývoj energetiky v Evropě. Vývoj nových technologií umožňuje zlepšovat účinnost a konkurenceschopnost obnovitelných zdrojů energie, zvyšovat potenciál využití vodíku a v budoucnu umožní aplikovat technologie zachytávání uhlíku. Také vývoj technologií pro skladování energie a liberalizace trhu s energetikou (popsaná v podkapitole 2.2) mohou vést k většímu využívání obnovitelných zdrojů energie. Ekonomické podmínky, jako je cena energie, konkurence na trhu, vývoj cen technologií a poptávka po energii,

historicky měly a v budoucnu také budou mít výrazný vliv na vývoj energetiky v Evropě. Očekává se, že cena obnovitelných zdrojů energie bude nadále klesat a dojde ke zvýšení výrobní konkurence na trhu, což povede k rychlejšímu rozvoji a implementaci technologií čisté energie. Rovněž nepříznivé ceny ropy a plynu, mohou zvýšit investice do obnovitelných zdrojů energie a dalších alternativních zdrojů energie. Společenské faktory, jako je například ochrana životního prostředí, vliv na zdraví a kvalitu života, energetická bezpečnost a snaha o udržitelnost v budoucnu pravděpodobně povedou k většímu podílu obnovitelných zdrojů energie a snižování využívání fosilních paliv.

Nicméně, politická rozhodnutí a nařízení hrají klíčovou roli v určování směru, rychlosti a charakteru energetické transformace. Například, nařízení EU o snižování emisí skleníkových plynů vedly k rozvoji obnovitelných zdrojů energie a k zavedení mechanismů podpory, které podpořily rozvoj obnovitelných zdrojů [1, 8, 10, 12, 56, 58, 59].

Lze proto tedy očekávat, že politická nařízení (především ze strany EU) budou mít i v následujících desetiletích největší dopad na formování energetiky v Evropě.

3 Pohled na dříve vydané předpovědi a vývoj čistých energetických technologií

Předpovědi a prognózy od odborníků a výzkumných institucí se pravidelně snaží určit, jaká bude budoucí podoba energetiky a jak se bude vyvíjet v závislosti na mnoha faktorech, které byly nastíněny v podkapitole 2.5.

Tato kapitola se zaměřuje na představení a hodnocení přesnosti dříve vydaných předpovědí a prognóz společnosti IEA, které se týkají budoucí podoby energetiky.

Prognózy od společnosti IEA byly vybrány z důvodu, že EU se plně podílí na práci IEA prostřednictvím zasedání správní rady IEA a výborů. EU se rovněž účastní platformem IEA pro technologickou spolupráci, v jejichž rámci země a organizace spolupracují na výzkumu technologií v oblasti energetiky [64]. Díky tomuto lze říci, že IEA je mezinárodně respektovaná agentura s podloženými a všeobecně přijímanými předpověďmi.

V této kapitole je také popsána aktuální situace a budoucí vývoj technologií, které mají za úkol realizovat cíle EU v oblasti čisté energetiky a snižování emisí skleníkových plynů. Mezi takové technologie patří například využívání vodíku, zachytávání a ukládání uhlíku (CCS a CCUS), obnovitelné zdroje energie a další.

3.1 Publikace společnosti *International Energy Agency*

Mezinárodní energetická agentura (IEA) byla založena po ropné krizi v letech 1973-1974, aby pomáhala průmyslovým zemím reagovat na velké ropné šoky. Od té doby se činnost IEA rozšířila na celkovou energetickou bezpečnost, hospodářský rozvoj a čistou energii. Zakládajícími členy byly Belgie, Dánsko, Irsko, Itálie, Japonsko, Kanada, Lucembursko, Německo, Nizozemsko, Norsko (na základě zvláštní dohody), Spojené státy, Španělsko, Švédsko, Švýcarsko, Turecko a Rakousko. Po nich následovaly Řecko (1976), Nový Zéland (1977), Austrálie (1979), Portugalsko (1981), Finsko (1992), Francie (1992), Maďarsko (1997), Česká republika (2001), Korejská republika (2002), Slovenská republika (2007), Polsko (2008), Estonsko (2014), Mexiko (2018) a Litva (2022). O plné členství aktuálně usilují Chile, Kolumbie a Izrael [64].

3.1.1 World Energy Outlook 2006

Tato publikace představuje dva scénáře vývoje evropské energetiky, referenční a alternativní. Stav energetiky zde byl predikován k roku 2030.

Referenční scénář

Tento scénář předpovídá, že poptávka po elektřině v Evropě vzroste do roku 2030 o přibližně 1,5 % a emise CO₂ z elektráren se zvýší přibližně o 25 %. Očekává také přísnější předpisy týkající se emisí CO₂, což upřednostní výrobu elektřiny z plynu před uhlím. Tento trend by se měl postupně měnit ve prospěch uhlí, a to z důvodu růstu obav o bezpečnost dodávek plynu. Předpokládá se, že využívání jaderné energie bude levnější než výroba elektřiny z plynu, ale dražší než z uhlí. Zavedení poplatků za emise CO₂ by zvýšilo náklady na výrobu elektřiny z uhlí a v menší míře na výrobu elektřiny z paroplynových elektráren, čímž by se jaderná a větrná energie staly ekonomicky atraktivnějšími [65].

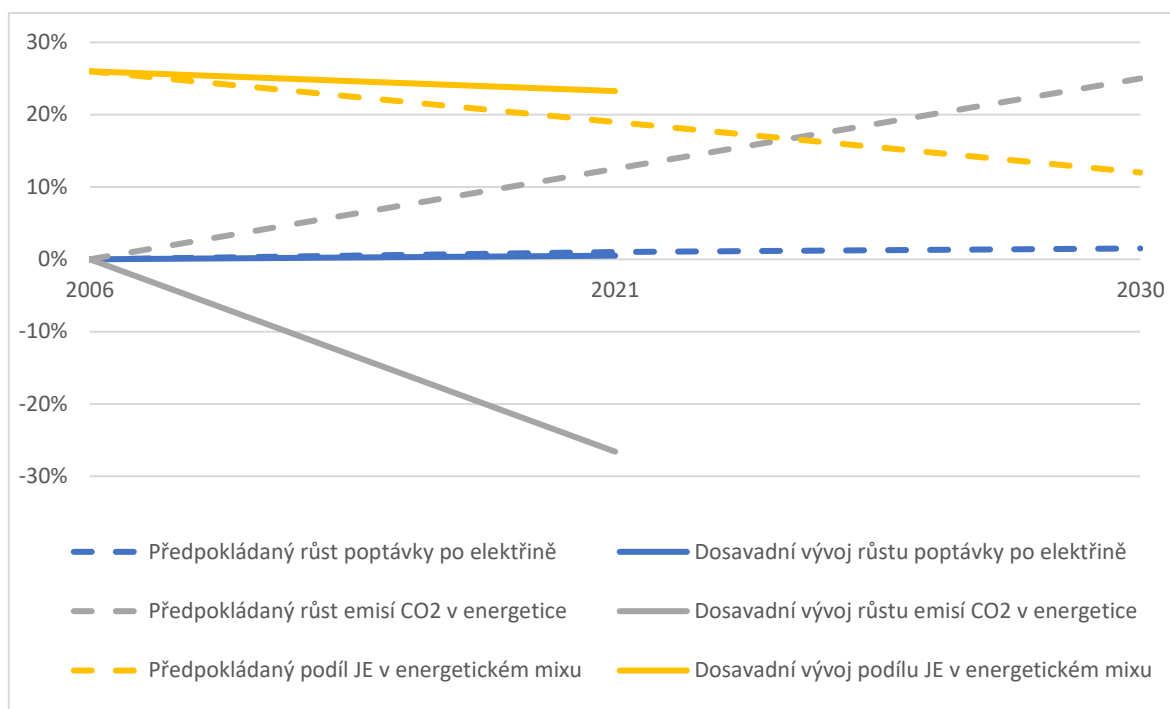
K odstavování starých uhelných a jaderných elektráren bude docházet především přibližně v polovině druhého desetiletí 21. století. Většina těchto odstavení se bude odehrávat v zemích, kde různá omezení za účelem ochrany životního prostředí způsobí uzavření starých a neefektivních uhelných bloků. Politika postupného odstavování z provozu si vyžádá předčasné vyřazení 27 GW jaderných elektráren. Ve výhledovém období (2006-2030) bude muset Evropa nainstalovat 928 GW výrobní kapacity elektřiny a celkové investice v energetickém sektoru dosáhnou 1,491 bilionů USD [65].

Kapacita jaderných elektráren v Evropě klesne ze 131 GW na 74 GW. V Německu, Švédsku a Belgii se postupně vyřadí z provozu 35 GW výrobních kapacit jaderné energie. Všechny jaderné elektrárny v těchto třech zemích budou uzavřeny před rokem 2030. Podíl jaderné energie v energetickém mixu klesne v Evropě z 26 % v roce 2006 na 12 % v roce 2030 [65].

Porovnání predikcí z referenčního scénáře s dosavadním vývojem je zobrazeno v Tabulka 8 na Obr. 15.

Tabulka 8 Porovnání predikcí z referenčního scénáře WEO 2006 s dosavadním vývojem [12, 65, 66, 67]

	Růst poptávky po elektřině	Růst emisí CO ₂ v energetice	Podíl JE v energetickém mixu
2006	-	-	26,00 %
2021	0,50 %	27,00 %	23,26 %
2030 (předpoklad)	1,50 %	25,00 %	12,00 %



Obr. 15 Grafické porovnání predikcí z referenčního scénáře WEO 2006 s dosavadním vývojem [12, 65, 66, 67]

Poptávka po elektřině v Evropě se v roce 2021 zvýšila oproti roku 2006 pouze o 0,5 % a lze tedy předpokládat (zvláště s přihlédnutím k snahám EU o snížení energetické náročnosti napříč odvětvími), že v roce 2030 bude zvýšení pravděpodobně nižší než avizovaných 1,5 %. Emise CO₂ z výroby elektřiny byly k roku 2021 o 26,6 % nižší než v roce 2006 a předpokládané zvýšení o 25 % se ze současného pohledu jeví jako vysoce nepravděpodobné. Přísnější předpisy, omezení emisí CO₂ a snaha o přechod na čistou energetiku způsobily pokles využívání uhelných a paroplynových elektráren. Tyto výrobní kapacity jsou nahrazovány především větrnou energií, jejíž využívání zaznamenalo od roku 2006 největší nárůst ze všech zdrojů pro výrobu elektřiny. Mírně kleslo i využívání jaderných elektráren, avšak snížení na předpokládaných 12 % v roce 2030 je velmi nepravděpodobné. V dubnu 2023 odstavilo Německo svojí poslední jadernou elektrárnu, avšak Belgie odložila odstavení svých jaderných elektráren o 10 let a Švédsko dokonce již v roce 2010 odhlasovalo zrušení jejich plánovaného odstavení [12, 47, 66, 67, 68].

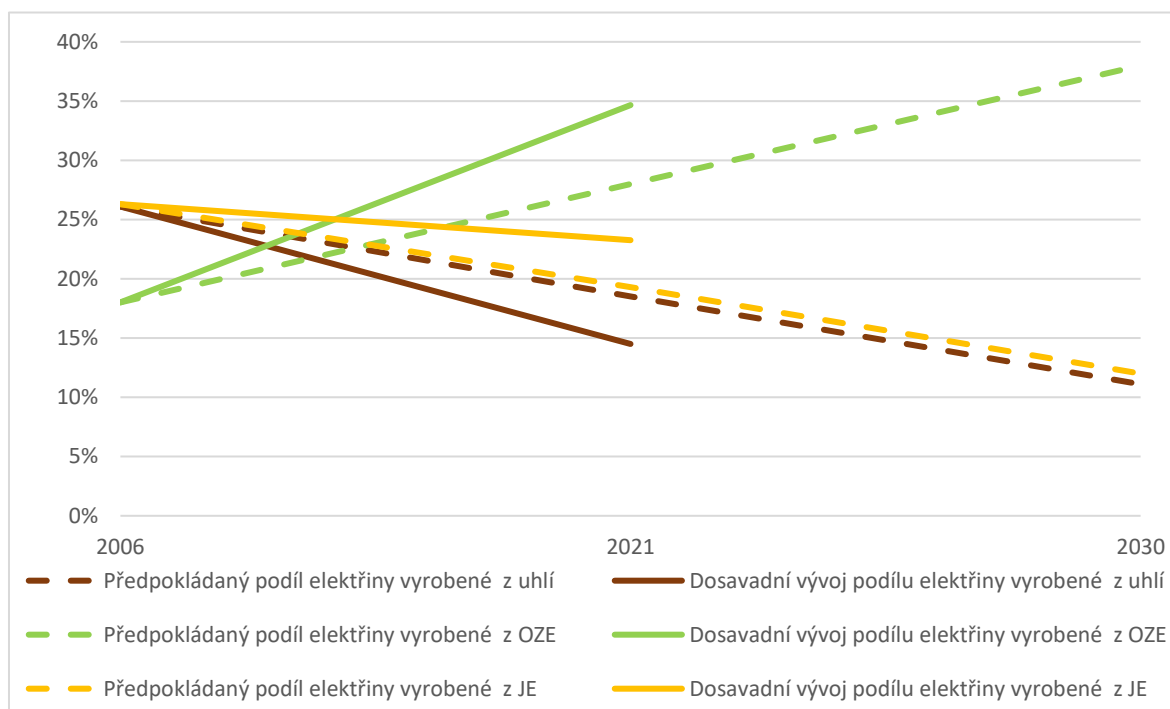
Alternativní scénář

Podle tohoto scénáře bude v roce 2030 výroba elektřiny z uhlí o 15 % nižší než v roce 2006. Předpokládá se také, že v roce 2030 by 38 % vyrobené elektřiny mělo pocházet z obnovitelných zdrojů. Z toho přibližně 23 % bude z nevodních obnovitelných zdrojů energie. Rovněž tento scénář předpokládá, že výstavba nových jaderných elektráren bude dostatečně kompenzovat odstavení starších jaderných elektráren. Změnit by to ovšem mohly dlouhodobé závazky ke snížení emisí CO₂. Také se předpokládá, že politika postupného odstavení jaderných elektráren zůstane v platnosti, ale její plné uskutečnění se odloží přibližně o deset let. V této souvislosti zůstane v Německu do roku 2030 v provozu jen jeden reaktor, zatímco v Belgii a Švédsku budou v roce 2030 v provozu stále všechny reaktory. Ve Velké Británii zůstane v provozu pouze jeden reaktor, přičemž odstavené reaktory nebudou nahrazeny. I proto klesne podíl jaderné energie na výrobě elektřiny v Evropě do roku 2030 na 20 % [65]. Porovnání predikcí z alternativního scénáře je znázorněno v

Tabulka 9 a na Obr. 16.

Tabulka 9 Porovnání predikcí z alternativního scénáře WEO 2006 s dosavadním vývojem [12, 65]

	Pokles podílu elektřiny vyrobené z uhlí	Podíl elektřiny vyrobené z OZE	Podíl elektřiny vyrobené z JE
2006	-	18,01 %	26,30 %
2021	-11,60 %	34,66 %	23,26 %
2030 (předpoklad)	-15,0 %	38,00 %	20,00 %



Obr. 16 Grafické porovnání predikcí z alternativního scénáře WEO 2006 s dosavadním vývojem [12, 65]

Výroba elektřiny z uhlí mezi lety 2006 a 2021 klesla o 11,6 %, a snížení o 15 % do roku 2030 se nyní jeví jako velmi pravděpodobné. Naplnění předpokladu týkajícího se vyššího podílu OZE na výrobě elektřiny je díky dosavadnímu vývoji téměř jisté. Předpověď týkající se odstavení jaderných reaktorů ve Švédsku a Velké Británii se vzhledem ke změně politiky těchto států ohledně jaderné energie nezdá reálné. Naopak Německo odstavilo svojí poslední jadernou elektrárnu již na jaře 2023. K předpokládanému poklesu podílu jaderné energie v energetickém mixu nejspíše nedojde [12, 47, 68].

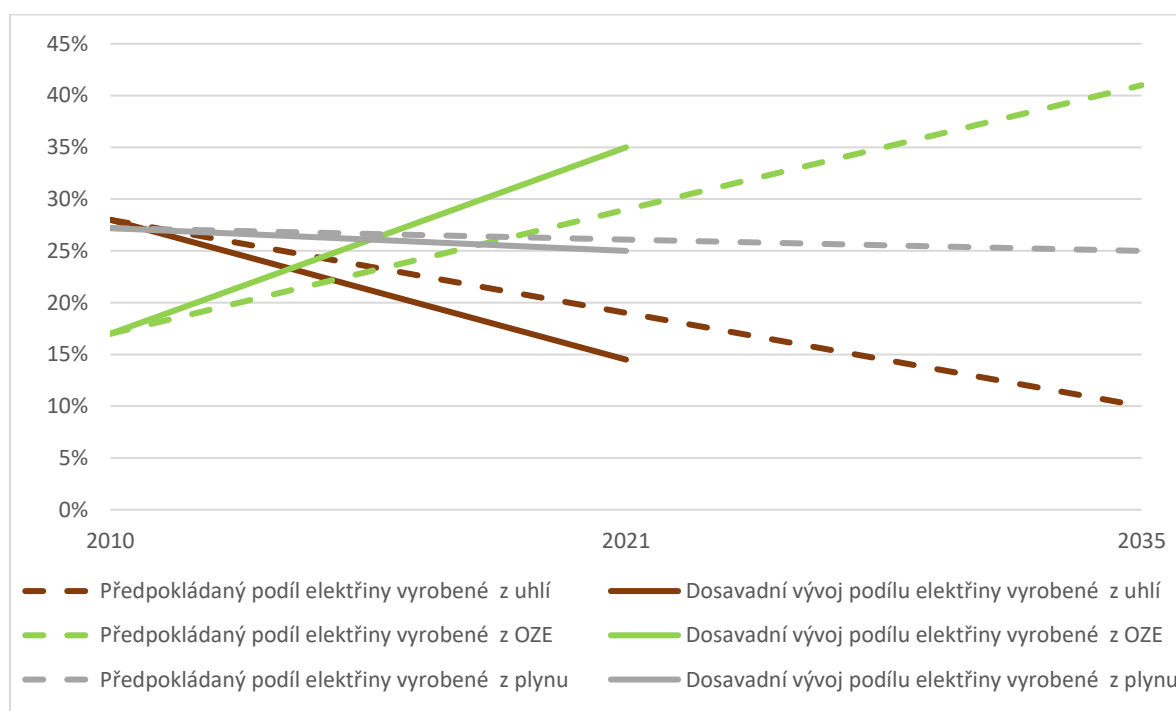
3.1.2 World Energy Outlook 2010

Ve scénáři prezentovaném v této publikaci je predikováno, že v EU bude poplatek za emise CO₂ zaveden dříve a bude zpočátku vyšší než v ostatních zemích OECD. Zvýší se na 38 USD za tunu v roce 2020 a na 50 USD za tunu v roce 2035. To v kombinaci se závaznými cíli pro spotřebu energie z OZE urychlí přechod na výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů. Výroba elektřiny z uhlí prudce klesne, a to o 550 TWh mezi lety 2008 a 2035, přičemž její podíl v energetickém mixu se sníží z 28 % na 10 %. Uhelné elektrárny o výrobní kapacitě přibližně 160 GW (78 % instalovaného výkonu v roce 2010) budou v letech 2008 až 2035 vyřazeny z provozu. To bude částečně kompenzováno téměř 70 GW instalovaného výkonu subkritických uhelných elektráren a elektráren na kombinovanou výrobu elektřiny a tepla, které budou v tomto období uvedeny do provozu. Výroba elektřiny z plynu si v letech 2008 až 2035 udrží stabilní podíl na úrovni jedné čtvrtiny energetického mixu.

Rostoucí výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů energie v Evropské unii způsobí, že podíl výroby elektřiny z OZE stoupne z 17 % v roce 2008 na 30 % v roce 2020 a 41 % v roce 2035. V průběhu výhledového období (2010-2035) bude větrná energie představovat více než 40 % kumulativních přírůstků kapacity a dodávek elektrické energie, což je více než jakýkoli jiný zdroj. Výroba elektřiny z jaderné energie zůstane v Evropské unii relativně stabilní, neboť země budou pouze nahrazovat elektrárny, kterým skončí provozní životnost (45 až 55 let). Investice do nových elektráren všech typů dosáhnou v letech 2010 až 2035 1,7 bilionu dolarů, přičemž více než 70 % bude určeno pro obnovitelné zdroje energie [69]. Porovnání predikcí z WEO 2010 je znázorněno v Tabulka 10 a na Obr. 17.

Tabulka 10 Porovnání predikcí z WEO 2010 s dosavadním vývojem [12, 69]

	2010	2021	2035 (předpoklad)
Podíl elektřiny vyrobené z uhlí	28,0 %	14,5 %	10,0 %
Podíl elektřiny vyrobené z OZE	17,0 %	35,0 %	41,0 %
Podíl elektřiny vyrobené z plynu	27,2 %	25,0 %	25,0 %



Obr. 17 Grafické porovnání predikcí z WEO 2010 s dosavadním vývojem [12, 69]

Již v roce 2021 se podíl uhlí v energetickém mixu snížil na přibližně 14,5 % a napříč státy EU je plánováno další odstavení uhelných elektráren. Lze proto tedy předpokládat, že by v roce 2035 opravdu mohlo dojít k snížení podílu uhlí na výrobě elektřiny na nižší hodnotu než předpovězených 10 %. Předpoklad, že výroba elektřiny z uhlí prudce klesne, a to o 550 TWh mezi roky 2008 a 2035, bude také velmi pravděpodobně překonán, neboť již k roku 2021 se z uhlí vyrobilo o 493 TWh méně elektřiny než v roce 2008. Poplatky za emise CO₂ v EU fungují přes systém obchodování s emisními povolenkami. Cena emisní povolenky není pevně daná a v průběhu roku se mění. V roce 2020 dosáhla její cena na maximální hodnotu okolo 33,4 EUR (přibližně 36,3 USD) a v roce 2023 již přesáhla hodnotu 100 EUR (přibližně 108,7 USD). Předpokládaná cena za tunu emisí CO₂ v roce 2035 byla tedy překonána již v roce 2023. Podíl výroby elektřiny z OZE stoupl z 17 % v roce 2008 na necelých 35 % v roce 2021. Vzhledem

k dosavadnímu vývoji a nařízením EU v oblasti využívání OZE je velmi pravděpodobné, že předpovězených 41 % v roce 2035 bude také překonáno. Ze všech obnovitelných zdrojů energie rostlo využívání větrné energie za posledních 15 let nejrychleji. V průběhu výhledového období (2010-2035) by tedy větrná energie opravdu mohla představovat více než 40 % kumulativních přírůstků kapacity a dodávek elektrické energie, což by zřejmě skutečně bylo více než jakýkoli jiný zdroj [12, 67, 70, 71, 72].

3.1.3 World Energy Outlook 2016

V Evropě se očekává, že poptávka po elektřině poroste o 0,5-1 % ročně. Do roku 2040 by se měl ztrojnásobit počet větrných a solárních elektráren a jejich podíl by se tak zvýšil na téměř třetinu výroby elektřiny v EU. Výroba elektřiny z uhlí klesne na méně než třetinu úrovně z roku 2016. Také se očekává, že výroba elektřiny z plynu bude v období do roku 2030 postupně stoupat (kdy dosáhne 700 TWh, tedy pětiny celkového objemu EU), a poté mírně klesne. Podíl výroby elektřiny z jaderné energie klesne z 28 % v roce 2016 na 21 % v roce 2040, což bude odrážet odlišné přístupy jednotlivých zemí k jaderné energii. Uhlíková náročnost (měří se v gramech oxidu uhličitého vypouštěného na kilowatthodinu elektřiny) v energetickém sektoru EU byla již v roce 2016 relativně nízká (313 gCO₂/kWh) a i nadále se očekává její snižování. Do roku 2040 se předpokládá, že podíl OZE na výrobě elektřiny vzroste na téměř 75 %, čímž dojde ke snížení uhlíkové náročnosti výroby elektřiny v EU na 116 gCO₂/kWh. V roce 2016 dosáhly celkové emise CO₂ v odvětví energetiky EU 1,1 Gt, ale do roku 2040 by měly klesnout na 535 Mt. To zajistí více než polovinu celkového snížení emisí souvisejících s energetikou. Také bude docházet k odstavování starších elektráren a jejich postupnému nahrazování novějšími a modernějšími. Mezi lety 2016 a 2040 by mělo v Evropské unii dojít k odstavení celkem 597 GW výrobních kapacit, přičemž v letech 2016 až 2025 budou představovat největší část (přibližně třetinu) uhelné elektrárny. V letech 2026 až 2040 budou z provozu vyřazovány převážně (téměř 60 %) elektrárny využívající obnovitelné zdroje. Oproti tomu se očekává vybudování 851 GW nových výrobních kapacit, z toho 72 % budou tvořit obnovitelné zdroje energie. Investice do energetického sektoru v období 2016-2040 se předpokládají okolo 2,35 bilionů USD [73]. Přehled predikcí z WEO 2016 je znázorněn v Tabulka 11.

Tabulka 11 Přehled predikcí z WEO 2016 [73]

	2040 (předpoklad)
Podíl elektřiny vyrobené z uhlí	6,73 %
Podíl elektřiny vyrobené z OZE	75 %
Podíl elektřiny vyrobené z JE	21 %
Úbytek výrobních kapacit	597 GW
Přírůstek výrobních kapacit	851 GW
Celkové emise CO ₂ v energetice	535 Mt
Uhlíková náročnost výroby elektřiny	116 gCO ₂ /kWh

Míru přesnosti těchto předpokladů nelze aktuálně hodnotit. Nicméně dosavadní vývoj odpovídá všem uvedeným prognózám. Jejich naplnění je tedy z dnešního pohledu reálné.

3.2 Vyhodnocení predikcí společnosti IEA

Z výše uvedených analýz jednotlivých předpovědí společnosti IEA je patrné, že vychází z předpokladů dostupných v době svého vzniku. Jednak tak reálné energetické mixy mohou ovlivnit „černé labutě“, které lze těžko předpovídat, druhak a hlavně ale došlo ke změnám legislativních emisních cílů (viz kapitola 2.5), které tyto předešlé predikce mohly jen těžko reflektovat. Navíc je patrné, že fosilní energetika trendově klesá značně rychleji a obnovitelné zdroje energie trendově rostou značně rychleji, než předpovídaly všechny předešlé predikce. Všechny tyto nepřesné odhady trendů a změny předpokladů tak vedou k potřebě vyhotovovat stále nové a aktuálnější predikce.

3.3 Technologie čisté energie

Pro dosažení uhlíkové neutrality v evropské energetice je naprosto zásadní zvýšit využívání elektřiny z čistých zdrojů energie. Nicméně celkový růst poptávky po energii je stále rychlejší než zavádění technologií čisté energie. Hlavními pilíři proměny energetiky v Evropě jsou lepší energetická účinnost a obnovitelné zdroje energie, ale k dosažení čistých nulových emisí jsou zapotřebí i další technologie. Předpokládá se, že na úsporách emisí CO₂ se budou přibližně z poloviny podílet čtyři technologie: technologie pro větší elektrifikaci odvětví konečné spotřeby (např. pokročilé baterie), zachytávání a ukládání uhlíku (CCS a CCUS), vodík a paliva související s vodíkem a bioenergie [74].

3.3.1 Obnovitelné zdroje energie

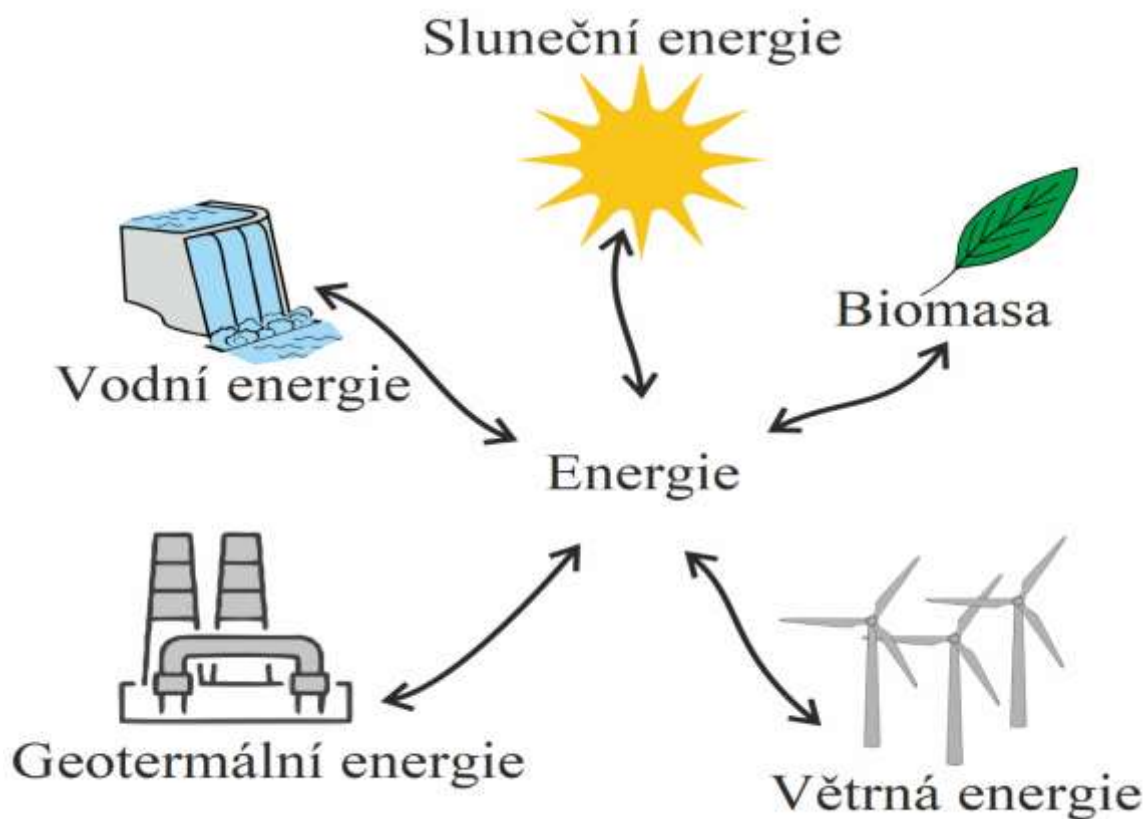
Evropská unie plánuje stavět svou budoucnost v oblasti OZE převážně na dvou technologiích. První jsou technologie využívající větrnou energii, jejíž produkce elektřiny roste od roku 2006 nejrychleji ze všech OZE [10]. Druhé jsou technologie využívající energii z mořských obnovitelných zdrojů.

V listopadu 2020 představila Evropská komise svou strategii týkající se využívání energie z mořských zdrojů. Cílem této strategie je posílit kapacitu a využívání technologií, jako jsou:

- „*plovoucí větrné elektrárny na moři,*
- *zařízení na využívání energie mořských vln a dmutí,*
- *plovoucí fotovoltaická zařízení,*
- *využívání řas k výrobě biopaliv“* [1].

Rozvoj tohoto odvětví a propojení obrovského potenciálu větrné energie s evropskou elektrizační soustavou by mělo přinést nejen ekologické výhody, jako snížení emisí z výroby elektřiny a ochranu biologické rozmanitosti, ale také investiční příležitosti a ekonomický růst, zejména v pobřežních oblastech.

Na Obr. 18 jsou zobrazeny druhy obnovitelných zdrojů energie.



Obr. 18 Obnovitelné zdroje energie (převzato a upraveno z [75])

V prosinci 2020 přijala Evropská rada závěry, v nichž strategii Evropské komise vítá jako základ pro zvýšení kapacity EU pro výrobu energie z obnovitelných zdrojů, včetně energie z mořských zdrojů. Evropská rada dále zdůraznila nutnost další integrace vnitřního trhu s energií prostřednictvím:

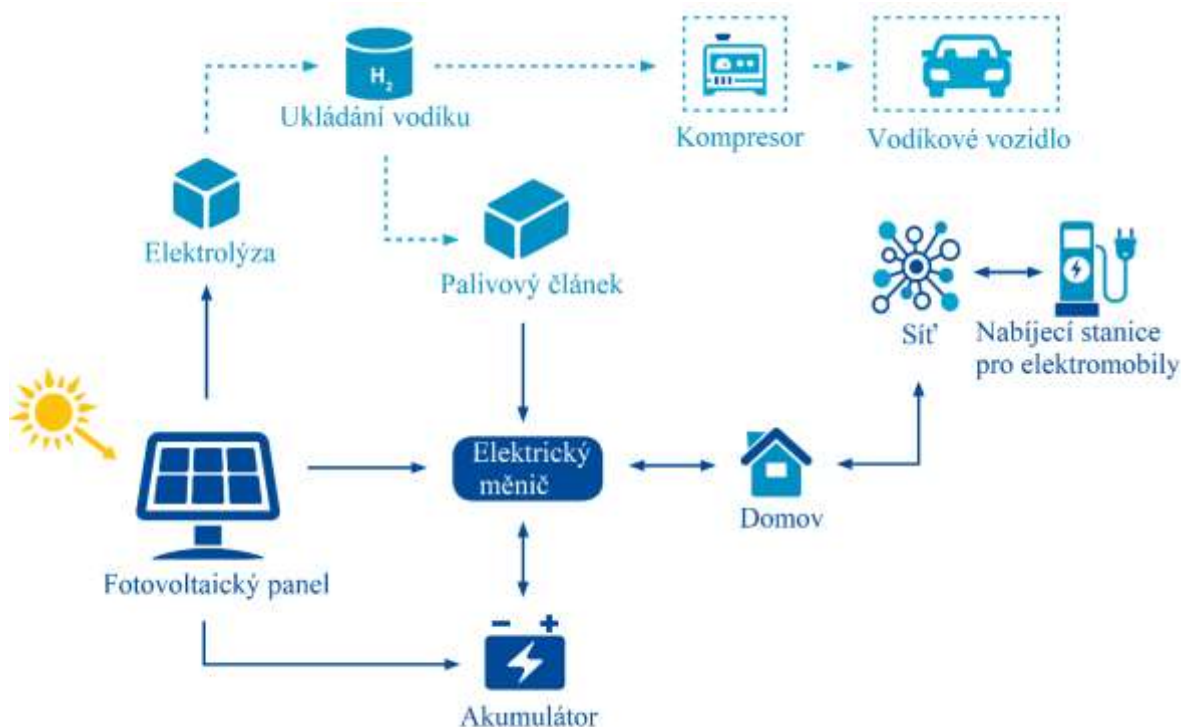
- „větší propojenosti mezi členskými státy,
- rozvoje infrastruktury a elektrizační soustavy,
- řešení problematiky ukládání energie“ [1] .

Evropská rada také navrhla větší počet přeshraničních projektů, vyžadujících vysokou míru bezpečnosti pro investory. Z tohoto důvodu byla Evropská komise požádána, aby předložila podpůrný rámec pro přeshraniční a jiné relevantní vnitrostátní projekty v oblasti energie z obnovitelných zdrojů [1].

3.3.2 Vodík

Výroba vodíku z obnovitelných zdrojů energie neprodukuje emise CO₂, což přispívá k dekarbonizaci hospodářství. O vodíku je smýšleno jako o budoucím energetickém nosiči, který může pomoci dekarbonizovat odvětví s vysokými emisemi (např. energeticky náročná průmyslová odvětví a doprava).

Na Obr. 19 je znázorněno schéma výroby a využití vodíku v dopravě.



Obr. 19 Schéma výroby a využití vodíku v energetice (převzato a upraveno z [76])

V červenci 2020 přijala Evropská komise strategii pro vodík a vodík se stal investiční prioritou v plánu EU na podporu oživení Evropy. S cílem podpořit investice a zvýšit poptávku v odvětví energetiky byla založena Evropská aliance pro čistý vodík, která sdružuje průmysl, občanskou společnost a vnitrostátní a regionální orgány. V prosinci 2020 uznala Evropská rada významnou úlohu vodíku při plnění cílů EU v oblasti dekarbonizace, dosažení hospodářského oživení (v souvislosti s pandemií COVID-19) a zvyšování konkurenceschopnosti EU. Evropská rada rovněž zdůraznila potřebu výrazného rozšíření trhu s vodíkem v EU a požádala Evropskou komisi, aby pokračovala v přípravě vodíkové strategie EU a uvedla ji do praxe. Komise byla také vyzvána, aby navrhla způsoby, jak dosáhnout cíle nainstalovat v EU elektrolyzéry pro výrobu vodíku z obnovitelných zdrojů o kapacitě nejméně 6 GW do roku 2024 a 40 GW do roku 2030 [1]. Tento cíl byl ovšem pozměněn plánem REPowerEU popsáním v podkapitole 2.4.1.

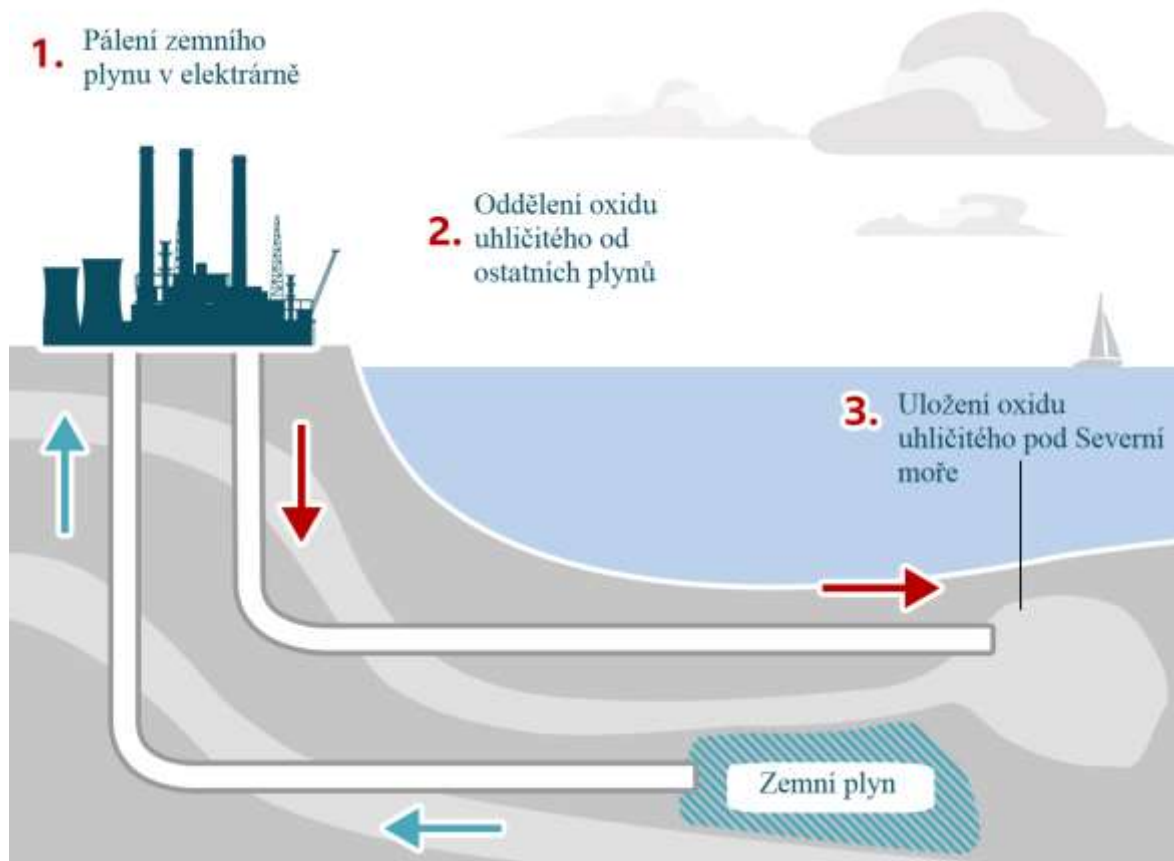
3.3.3 Technologie CCS a CCUS

Rozdíl mezi zachytáváním a ukládáním uhlíku (CCS) a zachytáváním, využíváním a ukládáním uhlíku (CCUS) je především v tom co se stane po zachycení CO₂. Jedná se o technologie, které doplňují evropské úsilí o další snižování emisí CO₂ [77, 78].

Plynný oxid uhličitý je nutné před uskladněním zachytit a zbavit většiny přidružených látek. Nejedná se o nové technologie, protože CO₂ se již běžně odděluje a zachycuje jako vedlejší

produkt průmyslových procesů. Pokud se zachycený CO₂ nevyužívá přímo na místě zachycení, stlačuje se a přepravuje potrubím, lodí, po železnici nebo nákladními automobily, aby se využil v řadě aplikací. V opačném případě se vstříkuje do hlubokých geologických formací (například vyčerpaných zásobníků ropy a zemního plynu nebo solných formací), které zachycují CO₂ k trvalému uložení [77, 78].

Na Obr. 20 je znázorněno schéma fungování technologie CCS.



Obr. 20 Schéma fungování technologie CCS (převzato a upraveno z [79])

Využití oxidu uhličitého ve výrobních procesech se týká technologií a postupů, které využívají CO₂ jako vstupní surovinu namísto jeho vypouštění do atmosféry, např. pomocí:

- přímého využití CO₂ v nealkoholických nápojích nebo ve sklenicích,
- použití jako pracovní kapaliny nebo rozpouštědla, např. pro zvýšenou těžbu ropy (EOR),
- využití CO₂ jako vstupní suroviny a jeho přeměna na produkty s přidanou hodnotou, jako jsou polymery, stavební materiály, chemikálie a syntetická paliva.

Technologickými možnostmi, s nimiž počítá dlouhodobá strategie EU do roku 2050 jsou zachytávání oxidu uhličitého ze spalování biomasy (v krajním případě z fosilních paliv), z průmyslových procesů a přímé zachytávání v ovzduší. Zachytávání oxidu uhličitého přímo z atmosféry (DACCS) nebo ze spalování či fermentace biogenního uhlíku (BECCS) má potenciál přinést záporné emise (odstranění uhlíku) [77, 78].

3.3.4 Elektrifikace

Elektrifikace neboli nahrazení fosilních paliv elektřinou s nulovými emisemi, je klíčovým prvkem v naplnění klimatických cílů EU. Zejména pak v sektorech dopravy, vytápění a chlazení budov. Také sem patří efektivnější využívání energií.

Různá odvětví poptávají po elektřině jsou v různé fázi zavádění technologií elektrifikace. To je částečně poháněno politikou EU v oblasti snižování emisí a snižováním nákladů na spotřebu energie [80].

V odvětví dopravy se v roce 2021 rozběhl prodej elektromobilů na všech hlavních automobilových trzích. Nabíjecí infrastruktura pro podporu těchto elektromobilů se rovněž rozšiřuje, ale její zavádění je nutné urychlit. Stejně tak segment elektrifikovaných autobusů a těžkých nákladních vozidel pomalu nabírá na síle, ale podíl na trhu a dostupnost modelů jsou stále nízké [80].

Nejslibnějšími technologiemi elektrifikace v sektoru budov a průmyslu jsou vytápění a chlazení vzduchu, vody a páry. V sektoru budov jsou technologické možnosti dobře rozvinuté a například tepelná čerpadla se dnes stala v nově postavených domech nejběžnější technologií vytápění. Stále je však třeba pokročit v rozšíření tepelných čerpadel ve stávajících budovách. Avšak nutnost modernizovat budovy pro tepelná čerpadla a preference spotřebitelů snižují rozšíření této technologie [80].

V průmyslovém sektoru dochází k zavádění elektrifikačních technologií v segmentech s nižšími teplotami na pracovišti, jako je potravinářství, výroba nápojů a lehký průmysl. Většina elektrifikačních opatření ale ve srovnání s podobnými technologickými možnostmi přináší jen malé výhody v oblasti produktivity. Z tohoto důvodu je jejich zavádění ve srovnání s ostatními odvětvími pomalejší. Nepřímou formou elektrifikace je i vodík vyráběný elektrolýzou, ten je životaschopnou možností v některých částech těžkého průmyslu. V roce 2021 vyvolalo široký zájem několik experimentálních projektů, například projekt Hybrit ve Švédsku, který vyrobil první ekologickou ocel [80].

4 Scénáře budoucího vývoje energetiky v Evropě do roku 2050

Vývoj evropské energetiky se nyní nachází v klíčové fázi. Současná závislost na fosilních palivech a emise skleníkových plynů vytvořily tlak na politické orgány. Díky tomu byla přijata opatření směřující ke snížení emisí a zajištění udržitelného rozvoje [1, 8, 16, 59]. Tato opatření byla popsána v kapitole 2.

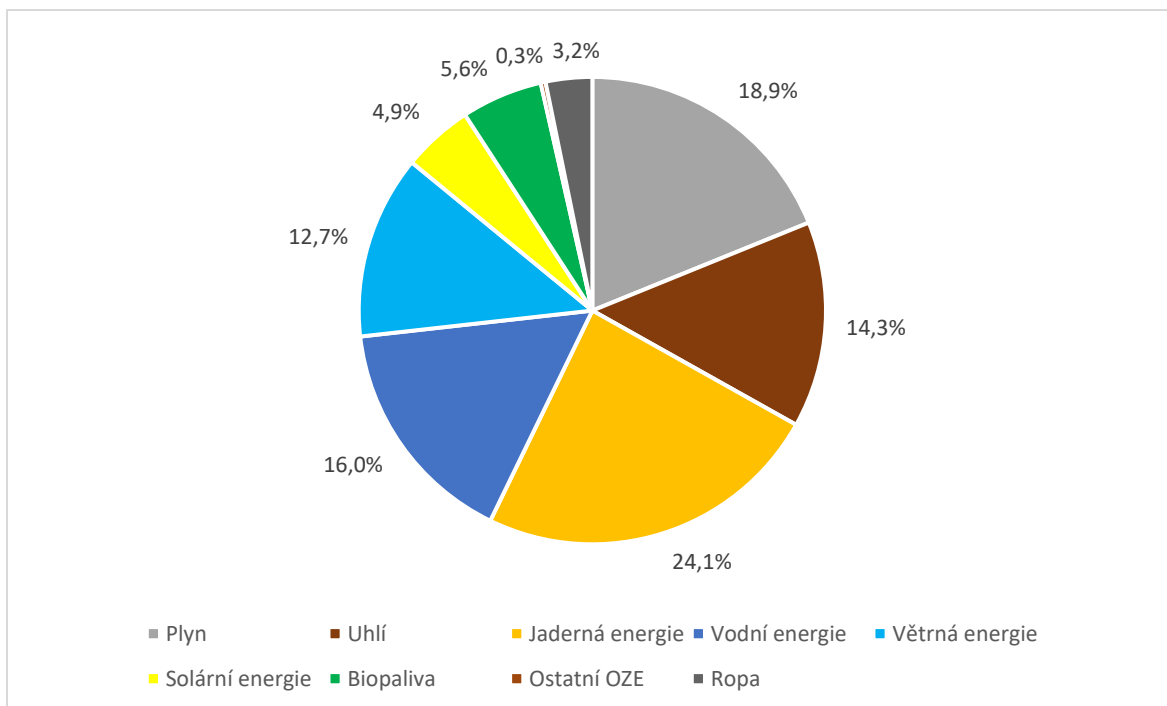
Pro lepší předpovědi různých scénářů vývoje energetiky v Evropě bylo důležité posoudit klíčové faktory ovlivňující její historický vývoj. To bylo provedeno v kapitole 2. Tyto faktory jsou často vzájemně provázané a jejich vývoj může být obtížný k předvídání. Jako nejdůležitější faktor byla v podkapitole 2.5 identifikována politická rozhodnutí a nařízení. Dalšími důležitými faktory jsou také zrychlení technologického vývoje v oblasti obnovitelných zdrojů energie, elektromobility a technologií pro ukládání energie, ke kterému dochází v posledních letech [81].

Tato kapitola se věnuje představení čtyř různých scénářů vývoje energetiky v Evropě do roku 2050, vzájemnému porovnání a zhodnocení míry pravděpodobnosti těchto scénářů. Jak již bylo zmíněno v předchozím odstavci, nařízení EU o uhlíkově neutrální Evropě jsou nejvýznamnějším faktorem ovlivňujícím vývoj evropské energetiky v příštích desetiletích. Tato nařízení jsou koncipována na období do roku 2050 a vytvářejí konkrétní cíle pro snížení emisí skleníkových plynů a podporu vývoje obnovitelných zdrojů energie. Tyto cíle mají zásadní dopad na celkovou energetickou politiku Evropy, a tudíž i přímý vliv na to, jak bude evropská energetika v roce 2050 vypadat. Z tohoto důvodu jsou scénáře v této kapitole předpovídány konkrétně do roku 2050.

Je však nutné poznamenat, že předpovídání budoucnosti je riskantní proces, ať už je výběr předpokladů jakkoli sofistikovaný. Jednotlivé scénáře jsou proto ukázkou toho, jaká by budoucnost mohla být za daných předpokladů. Cílem této kapitoly je pak sloužit jako ucelený přehled o předpokládaných scénářích vývoje evropské energetiky a poskytnutí užitečných informací pro jakékoliv zainteresované strany.

4.1 Analýza aktuálního stavu výroby elektrické energie a metodika návrhu scénářů

Pro odhady budoucích scénářů vývoje evropské energetiky je nejprve třeba stanovit aktuální stav, který je znázorněn na Obr. 21. Tento výchozí stav byl stanoven dle váženého průměru mixů jednotlivých zemí, kde váha je absolutní výroba elektrické energie.



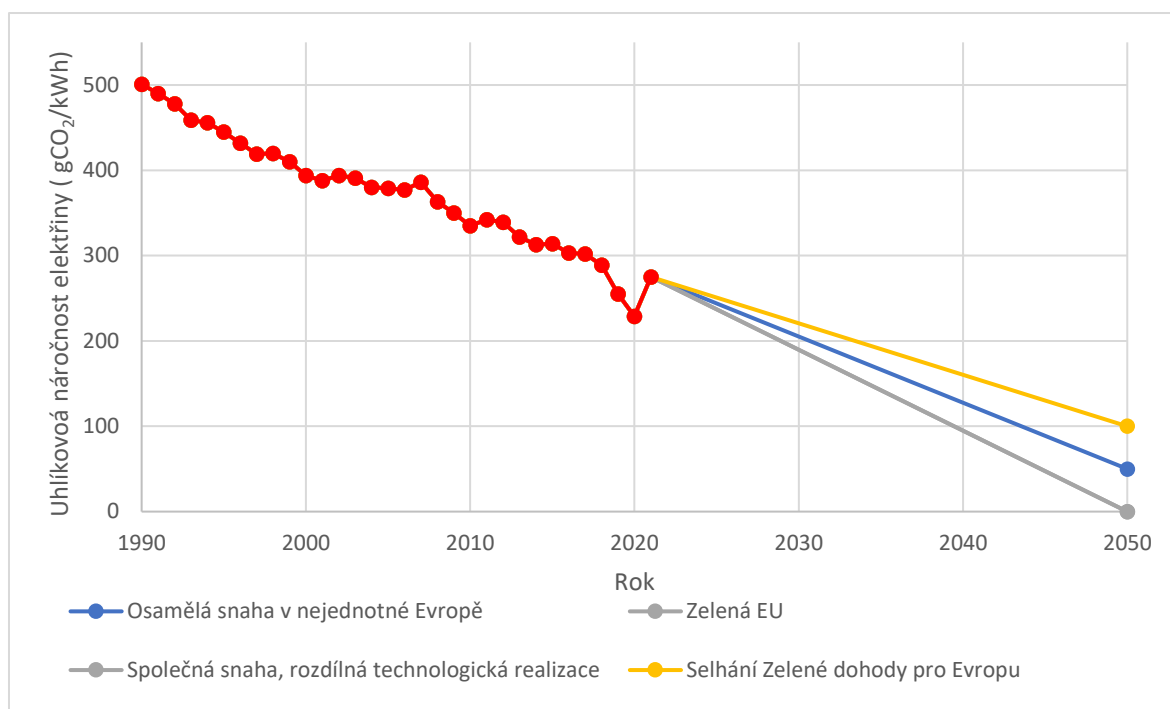
Obr. 21 Grafické znázornění výchozího energetického mixu Evropy v roce 2022

Hlavním kritériem pro formulaci a pravděpodobnost jednotlivých scénářů je uhlíková náročnost výroby elektrické energie. Toto srovnání přímo stanovuje, do jaké míry se podařilo v jednotlivých scénářích splnit klimatické cíle Evropské unie. Lineární regrese současného vývoje tak popisuje mírně pesimistický scénář, optimistické scénáře naopak uvažují dosažení uhlíkové neutrality (zrychlení trendu snižování emisí). Ekvivalentní zpomalení trendu snižování emisí potom popisuje nejpesimističtější scénář.

Z Obr. 22 je patrné, že se dosažení uhlíkové neutrality povedlo pouze ve scénářích Zelená EU a Společná snaha, rozdílná technická realizace. Lze také říct, že scénář Osamělé snahy v nejednotné Evropě je zhruba v půli cesty k dosažení cílů EU, zatímco scénář Selhání Zelené dohody pro Evropu, jak již název napovídá, představuje selhání ve snaze dosáhnout uhlíkově neutrální energetiky v roce 2050.

První 2 nejoptimističtější a dle předchozích analýz nejpravděpodobnější scénáře, které počítají s dosažením uhlíkové neutrality jsou potom ještě rozděleny dle preferovaných zdrojů výroby elektrické energie. Zatímco Zelená EU ještě počítá se změnou (zprísněním) taxonomie podporovaných zdrojů a tak zastavení podpory pro fosilní plynové zdroje, Společná snaha, rozdílná technická realizace počítá s pokračováním dosavadního stavu (vyhodnocen jako nejpravděpodobnější scénář) a tedy využitím fosilních plynových zdrojů minimálně do roku 2050.

Podíly energetických mixů jsou potom pro jednotlivé scénáře odvozeny z aktuálního stavu na Obr. 21 a uvažovaných legislativních a ekonomických faktorů, případně geopolitického vývoje. Snižování uhlíkové stopy výroby potom v jednotlivých scénářích určuje procentuální velikost fosilní energetiky, přičemž se jedna zejména o fosilní plynové zdroje. Zdroje elektrické energie spalující uhlí budou s největší pravděpodobností už po roce 2035 tvořit v evropském energetickém mixu minimální podíl (viz předchozí analýzy vývoje a legislativa). To se netýká nejpesimističtějšího scénáře Selhání Zelené dohody pro Evropu, kdy legislativní faktory přestanou být relevantní.



Obr. 22 Porovnání předpokládané uhlíkové intenzity výroby elektřiny v roce 2050 mezi jednotlivými scénáři [83]

Stanovení míry pravděpodobnosti jednotlivých scénářů, které už bylo naznačeno výše, je pro všechny scénáře uvedeno v Tabulka 12. Samozřejmě nelze také vyloučit, že by v budoucnosti mohlo dojít k určité kombinaci některých scénářů.

Tabulka 12 Porovnání míry pravděpodobnosti predikovaných scénářů

Scénář	Míra pravděpodobnosti
Osamělé snahy v nejednotné Evropě	nízká
Zelená EU	střední
Společná snaha rozdílná technická realizace	vysoká
Selhání Zelené dohody pro Evropu	velmi nízká

4.2 Osamělé snahy v nejednotné Evropě

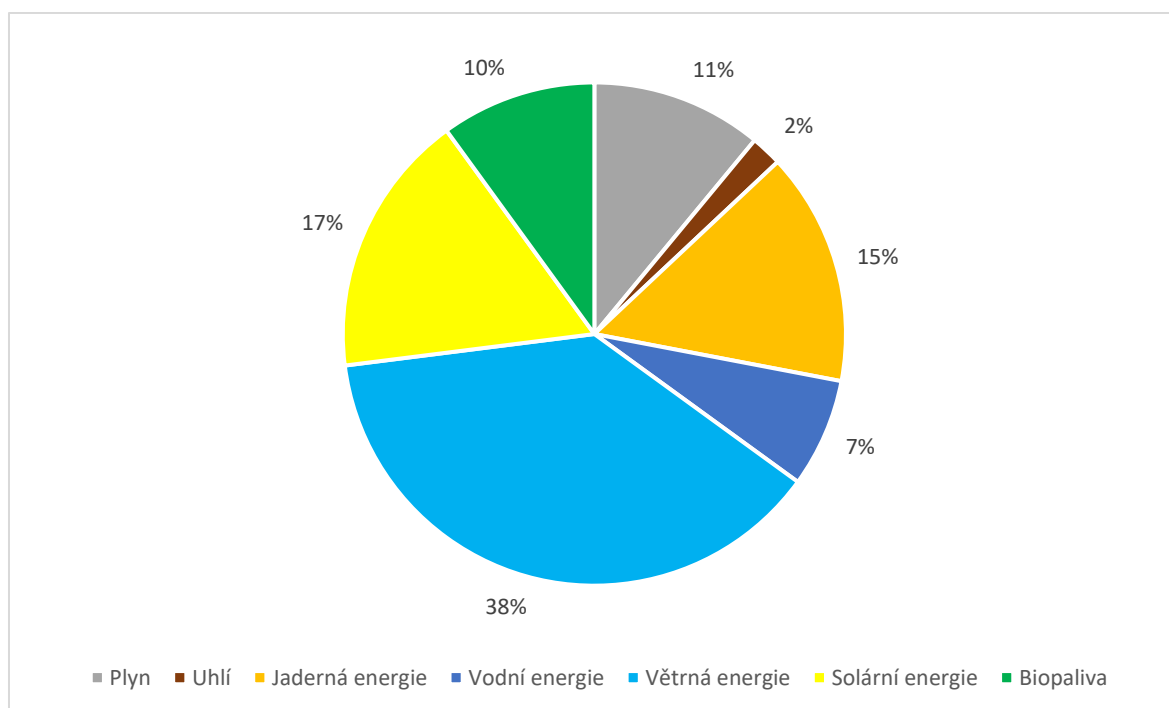
V tomto scénáři se EU musela potýkat s ekonomických konflikty v rámci různých států, které vedly k rozdílným zájmům a politické patové situaci. To přimělo jednotlivé vlády, aby se znovu zaměřily na svou energetickou konkurenceschopnost. Výsledkem národních dekarbonizačních programů byla vysoká, avšak různorodá úroveň odvětvového propojení v jednotlivých státech a střední míra elektrifikace. Programy EU pro přechod na nízkouhlíkovou energetiku způsobily, že několik států má vůdčí roli v oblasti využívání obnovitelných zdrojů energie. Jsou to státy, které již historicky využívali OZE ve velké míře nebo s přechodem na čistou energetiku začali brzo a s velkým odhodláním. Lze předpokládat, že by se jednalo zejména o státy severní Evropy, Albánii (která má již nyní 100 % elektřiny z OZE díky velkému využívání vodních elektráren), Portugalsko, Rakousko, Švýcarsko a Německo.

Zapojení koncových zákazníků v koordinaci využívání elektřiny je v tomto scénáři poměrně nízké. V energetickém sektoru nejsou flexibilita a efektivní využití energie nasazeny ve velkém měřítku. Nedošlo k zateplení dostatečného množství budov, nevyužívají se ve velké míře

tepelná čerpadla a v elektrických sítích nejsou zavedeny technologie pro skladování energie, čímž se značně snižuje efektivita využívání solárních a větrných elektráren. Některým státům se v tomto scénáři ani v roce 2050 nepodařilo zcela se zbavit závislosti na fosilních palivech. Jednalo by se pravděpodobně o Bělorusko, Moldavsko, Bosnu a Hercegovinu, Kosovo, Srbsko a možná i Maďarsko, Polsko a Česko. Nedošlo ani k výstavbě potřebného množství nových jaderných elektráren a technologie na zachytávání uhlíku se také nevyužívají v potřebné míře.

Kvůli nedostatečnému politickému sjednocení nejsou evropské trhy dostatečně integrovány a existují pouze ojedinělé iniciativy pro koordinaci výrobních kapacit elektřiny mezi některými státy. Celkově tento nekoordinovaný a superficiální přístup k přechodu na čistou energetiku vedl ke střednímu stupni elektrifikace a zpoždění při snižování emisí, což způsobilo, že EU v roce 2050 mírně zaostává za svými vytyčenými klimatickými cíli.

Na Obr. 23 je zobrazen předpokládaný energetický mix v Evropě v roce 2050 pro tento scénář.



Obr. 23 Předpokládaný energetický mix Evropy v roce 2050 pro scénář Osamělé snahy v nejednotné Evropě

Také je zde počítáno se zajištěním alternativního dodavatele zemního plynu např. ze zemí Blízkého východu. Oproti následujícím dvěma scénářům, které jsou založeny na kooperativním politickém rozhodování v rámci celé Evropy, je méně účinný v boji s emisemi CO₂.

Lze očekávat nižší podíl nízkouhlíkových dodávek elektrické energie (72 % obnovitelných zdrojů a 15 % jaderné energie). Uhlíková náročnost v evropském energetickém sektoru pravděpodobně neklesne pod 40 gCO₂/kWh a spíše se bude pohybovat v rozmezí od 40 do 50 gCO₂/kWh. V tomto scénáři se projevuje neúčinnost vnitrostátních opatření při neexistenci společné evropské politiky v oblasti klimatu.

Z dnešního pohledu má scénář Osamělé snahy v nejednotné Evropě nízkou pravděpodobnost naplnění. Znamenal by totiž nesplnění hned několika unijních cílů, k jejichž plnění jsou ovšem členské státy nuceny skrze nařízení Evropské komise, rady a parlamentu. Většina států také již podnikla řadu kroků k naplnění těchto cílů a odklon od energetické politiky EU by pro ně znamenal odepsání velkého množství projektů, do kterých již nainvestovali značné množství peněz.

4.3 Zelená EU

Scénář Zelená EU vychází z rostoucí evropské integrace, které vytvořil základ fond EU pro obnovu po pandemii COVID-19. To udalo směr celoevropským investicím do přechodu na udržitelnou energetiku. Díky stimulům ze strany EU úspěšně došlo k propojení jednotlivých sektorů. Veřejné a soukromé investice do technologií obnovitelných zdrojů energie a inteligentní infrastruktury budov snížily náklady na tyto technologie, což vedlo k širokému rozšíření obnovitelných zdrojů energie pro výrobu elektřiny a ekologické výroby vodíku.

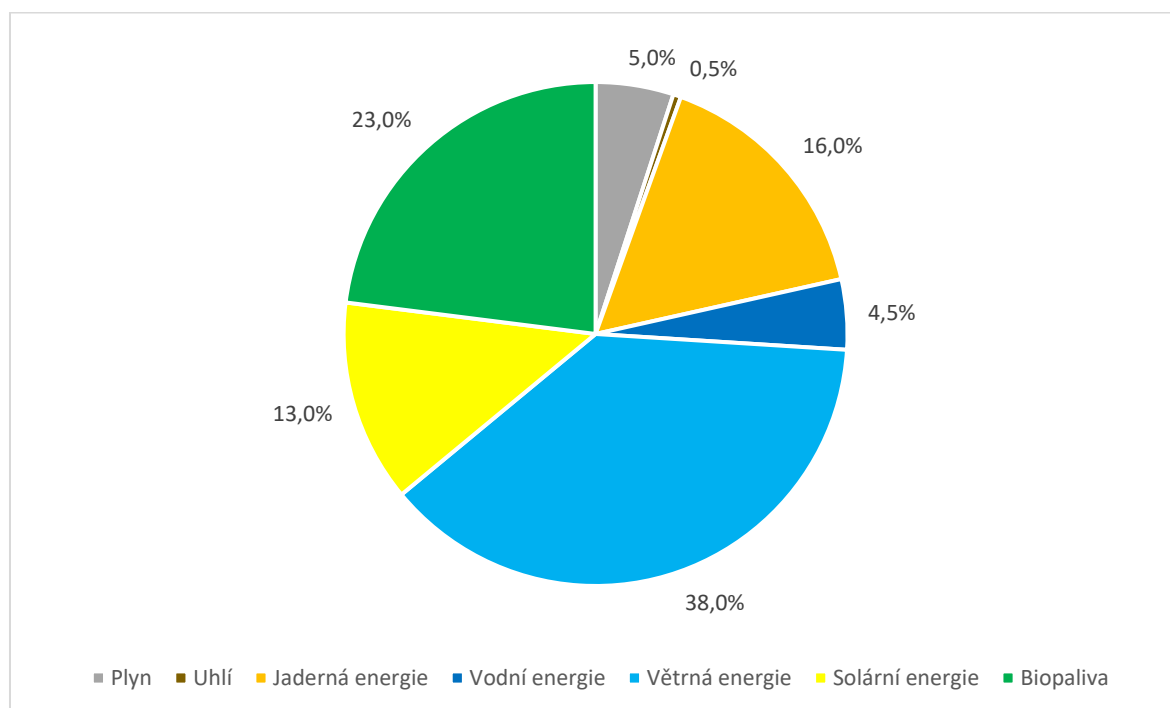
Politická shoda mezi státy a zapojení zákazníků do poskytování flexibility ze strany poptávky posílily koordinaci v rámci celé evropské energetické sítě. Téměř všechny uhelné elektrárny byly vyřazeny z provozu a jen posledních pár zemí ve východní a jihovýchodní Evropě stále využívá malé množství elektráren spalující uhlí. Avšak tyto elektrárny jsou provozovány s implementovanými technologiemi na zachytávání uhlíku. V důsledku všech těchto pokroků je cena elektřiny v roce 2050 ve srovnání s rokem 2023 nižší. Nejvíce elektřiny pak v roce 2050 vyrábějí větrné elektrárny.

Tento scénář také předpokládá výrobu významného množství ekologického vodíku a ambiciózní ceny za emise CO₂. I díky stále zvětšujícímu se množství elektromobilů vzroste spotřeba elektřiny, a to na přibližně 4600 TWh v roce 2030 a 6500 TWh v roce 2050, což je znatelný nárůst oproti 3645 TWh v roce 2021 [82].

Celkově by tato společná celoevropská snaha měla vést k tomu, že Evropská unie splnila své klimatické cíle pro rok 2050.

V tomto scénáři zajišťují čisté zdroje energie 94,5 % z energetického mixu (78,5 % obnovitelné zdroje a 16 % jaderná energie). To povede k uhlíkové náročnosti pravděpodobně v rozmezí od 0 do 25 gCO₂/kWh v roce 2050 (oproti 279 gCO₂/kWh v roce 2021) [83]. Tento scénář je tedy v souladu s cestami k naplnění Pařížské dohody a Zelené dohody pro Evropu.

Předpokládaný energetický mix Evropy v roce 2050 pro tento scénář je zobrazen na Obr. 24.



Obr. 24 Předpokládaný energetický mix Evropy v roce 2050 pro scénář Zelená EU

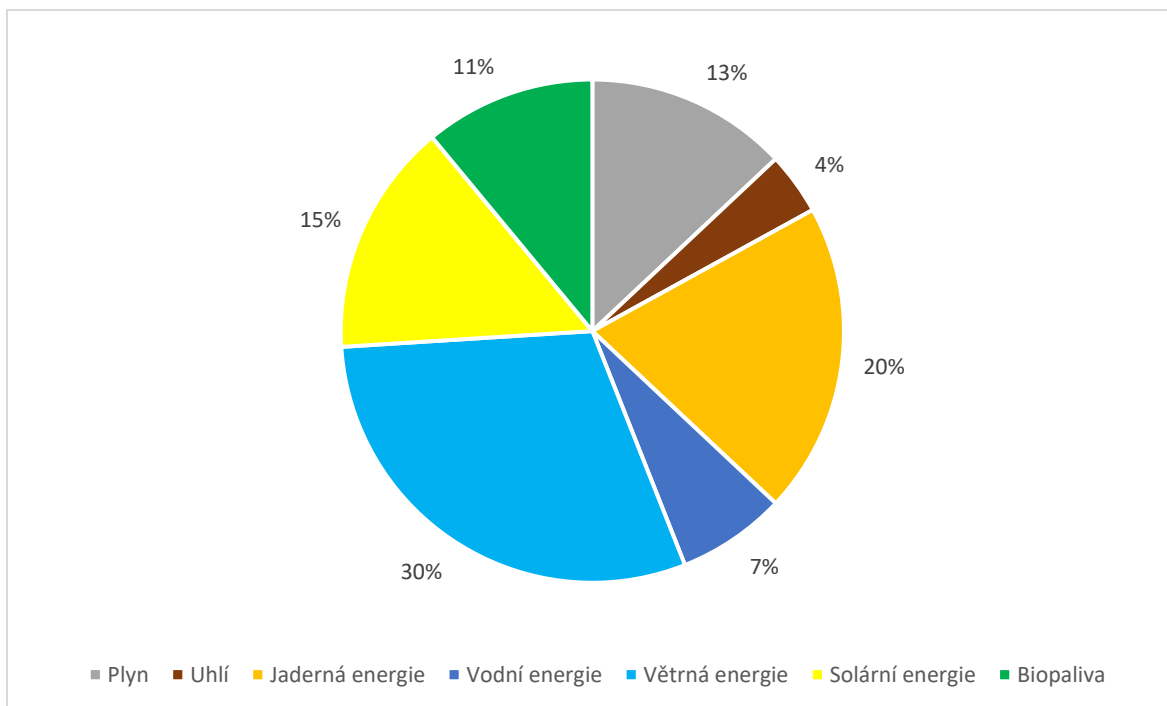
Naplnění scénáře Zelená EU lze přisoudit střední míru pravděpodobnosti. Nařízení EU sice směřují tímto směrem, avšak některé státy jsou pozadu s plněním požadavků EU, a i v budoucnu budou mít nejspíše problém využívat obnovitelné zdroje energie v tak velké míře bez možnosti alternativy v podobě jiných technologií, nemluvě o jejich výrobním potenciálu jako takovém. A například v Bělorusku, které není součástí EU, si lze bez zásadní změny na politické scéně jen velmi těžko představit sdílení unijních ambicí v oblasti boje s emisemi CO₂. Také Česko a Polsko budou mít díky omezeným možnostem nebo nedostatečné ochotě problém s využíváním obnovitelných zdrojů energie v tak vysoké míře, jakou předpokládá scénář Zelená EU.

4.4 Společná snaha, rozdílná technologická realizace

V tomto scénáři došlo vlivem rostoucího tlaku geopolitického napětí ke sblížení a větší jednotě napříč EU. Evropa upřednostnila energetickou bezpečnost a přijala významná opatření ke zvýšení energetické soběstačnosti. Výsledkem je konkurence na trhu mezi novými energetickými technologiemi a technologiemi využívající přírodní zdroje. Stejně jako ve Scénáři Zelená EU došlo i zde k větší implementaci obnovitelných zdrojů energie. Po významných investicích se ale rozvíjejí a zavádějí i technologie v oblasti zeleného vodíku (vyráběný elektrolýzou z obnovitelných zdrojů energie), modrého vodíku (vyráběný z fosilních zdrojů, zemního plynu, případně metanu), biopaliv, nových syntetických paliv, zachytávání uhlíku a energetické efektivity. Oproti ostatním scénářům zde došlo k většímu vývoji a implementaci technologií využívajících jadernou energii, včetně malých modulárních jaderných reaktorů. Stejně jako ve scénáři Osamělé snahy v nejednotné Evropě se i zde počítá s vyjednáváním dodávek zemního plynu z alternativního zdroje, např. ze zemí Blízkého východu.

Došlo i k vysoké míře elektrifikace a výraznému zlepšení energetické efektivity. Zapojení zákazníků do trhu s elektřinou a nová technická řešení umožnily flexibilitu ze strany poptávky. Kombinace těchto opatření způsobila, že cena elektřiny je v tomto scénáři v roce 2050 nižší než v roce 2023. Celkově se EU podařilo splnit své klimatické cíle pro rok 2050 díky investicím do různých technologií.

Předpokládaný energetický mix Evropy v roce 2050 pro tento scénář je zobrazen na Obr. 25.



Obr. 25 Předpokládaný energetický mix Evropy v roce 2050 pro scénář Společná snaha, rozdílná technická realizace

Tento scénář je založen na silném politickém odhodlání, ale nižším využití obnovitelných zdrojů při zachování diverzifikovaného mixu dodávek energie. Také ho lze považovat za nejpravděpodobnější ze všech, a to z důvodu splnění evropských klimatických cílů, ale ponechání do jisté míry volné ruky v jejich realizaci. Ne všechny státy mají totiž stejné příležitosti pro rozvoj obnovitelných zdrojů energie a uvítají možnost stavět svou budoucnost na jaderné energii a dalších nových technologiích. K naplnění tohoto scénáře se EU přiblížila i přijetím Doplnkového aktu v přenesené pravomoci v oblasti klimatu, který za přísných podmínek přidává konkrétní činnosti v oblasti jaderné a plynové energetiky do seznamu hospodářských činností, na něž se vztahuje taxonomie EU. Evropská Komise ho přijala 9. března 2022 a začal platit od ledna 2023. Kritéria pro specifické činnosti v oblasti plynu a jaderné energetiky jsou tedy nyní v souladu s cíli EU v oblasti klimatu a životního prostředí a pomohou urychlit přechod od pevných nebo kapalných fosilních paliv, včetně uhlí, směrem k uhlíkově neutrální budoucnosti [84].

V porovnání se scénářem Zelená EU zahrnuje tento scénář vyšší podíl jaderné energie v energetickém mixu (20 %), ale nižší využití obnovitelných zdrojů (63 %). Díky nasazení technologie zachytávání a ukládání oxidu uhličitého (CCS a CCUS) u výroby elektřiny ze zemního plynu a uhlí zůstane uhlíková náročnost dodávek elektřiny pravděpodobně na stejné úrovni jako ve scénáři Zelená EU, tedy mezi 0 až 25 gCO₂/kWh.

4.5 Selhání Zelené dohody pro Evropu

V tomto scénáři se EU ocitla v řadě politických a hospodářských krizí. V důsledku absence centrální podpory pro transformaci energetiky upřednostnili jednotlivé státy místo celoevropské snahy o přechod na čistou energetiku své národní zájmy. Nedostatek ekonomických zdrojů a neochota některých států proměnily evropskou Zelenou dohodu v politickou slepou uličku.

Některé země jsou z důvodu zajištění základních dodávek elektřiny nuceny pokračovat ve výrobě elektrické energie z fosilních paliv. V tomto scénáři je také počítáno s tím, že některé

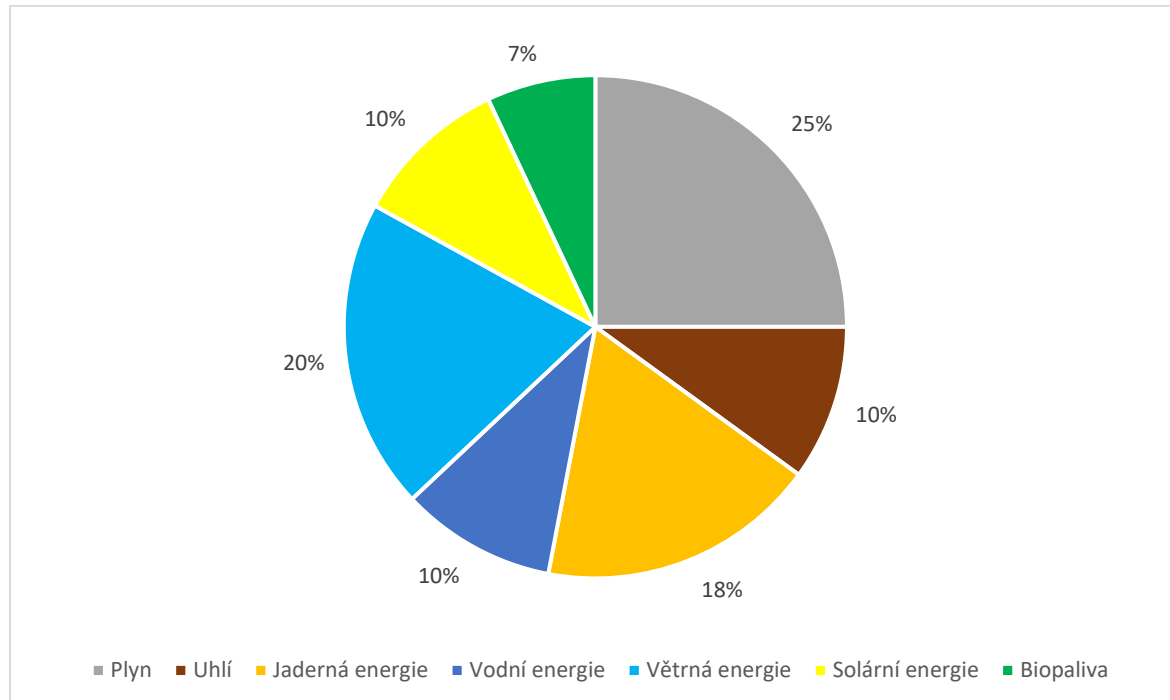
státy se odmítly přidat ke snaze o zbavení závislosti na ruském plynu a nadále ho odebírají. V některých zemích jsou tak stále základem energetiky uhlí a zemní plyn. Lze předpokládat, že by se pravděpodobně jednalo převážně o země východní a jihovýchodní Evropy, které nejsou členskými státy EU nebo jejich energetické mixy v současnosti obsahují vysoký podíl fosilních paliv, jako například Bělorusko, Moldavsko, Bosna a Hercegovina, Kosovo, Srbsko, Maďarsko nebo Česko a Polsko.

Technologie zachytávání uhlíku sice snížily emise uhlíku, ale nejsou aplikovány na všechny elektrárny využívající fosilní paliva, neboť některé státy již nesdílejí unijní vizi o uhlíkově neutrální energetice. Evropský trh s elektřinou je nadále roztržštěný, s malými snahami o flexibilitu nebo zajištění optimálního využívání výrobních kapacit. V oblasti přechodu na čistou energii stále dochází k odvážnému vývoji, ten je ale poháněn jen několika ochotnými státy. Klíčové technologie v oblasti energetiky stále častěji přicházejí ze zahraničí, což v kombinaci se stále trvající závislostí na fosilních palivech vede ke ztrátě konkurenceschopnosti, vysokým cenám elektřiny, zhoršení zdraví a životního prostředí a dlouhodobě neudržitelné energetické politice.

Celkově lze říci, že nedostatek evropské jednoty vedl k tomu, že EU se nepodařilo splnit své klimatické cíle pro rok 2050.

Jedná se o scénář s nejmenším politickým odhodláním, kdy byl přechod na uhlíkově neutrální energetiku omezen kvůli nedostatku ekonomických zdrojů a jednotné politické vůli. Tento scénář lze považovat za velmi nepravděpodobný, neboť dosavadní vývoj ve většině státech a nařízení EU směřují zcela opačným směrem.

Předpokládaný energetický mix Evropy v roce 2050 pro tento scénář je zobrazen na Obr. 26.



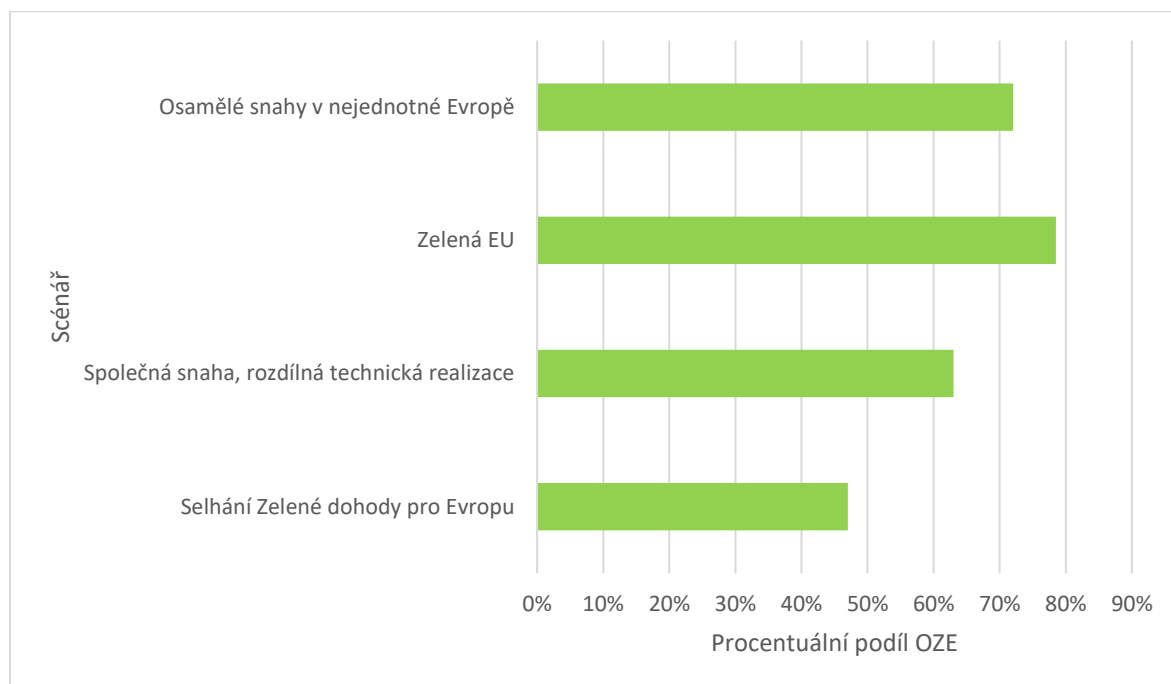
Obr. 26 Předpokládaný energetický mix Evropy v roce 2050 pro scénář Selhání Zelené dohody pro Evropu

Selhání Zelené dohody pro Evropu je scénář s nejvyšší předpokládanou uhlíkovou náročností (nad 100 gCO₂/kWh), skládá se z 65 % nízkouhlíkové elektřiny a zemní plyn jakožto relativně čistý fosilní zdroj zde zaujímá hlavní roli v energetickém mixu EU. V tomto scénáři je sice

nasazení technologií zachytávání a ukládání uhlíku poměrně vysoké, ale dekarbonizuje jen část z celkového množství zemního plynu používaného na výrobu elektřiny.

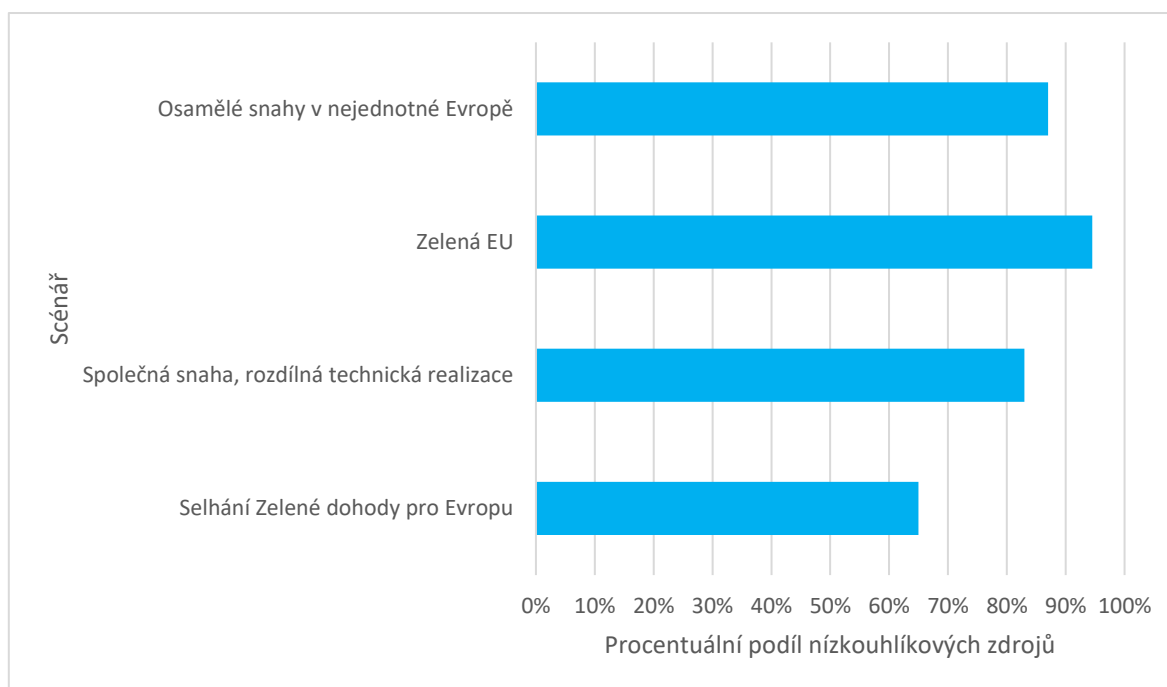
4.6 Porovnání scénářů

Všechny scénáře počítají se zvýšením podílu obnovitelných zdrojů oproti současným hodnotám, každý však do jiné míry. Jak lze vidět na Obr. 27, obnovitelné zdroje energie jsou v největší míře využívány ve scénáři Zelená EU, naopak nejméně se s nimi počítá ve scénáři Selhání Zelené dohody pro Evropu. Avšak i ve scénářích Osamělé snahy v nejednotné Evropě a Společná snaha, rozdílná technická realizace, rozdílná technická realizace zaujímají obnovitelné zdroje energie dominantní postavení v energetickém sektoru.



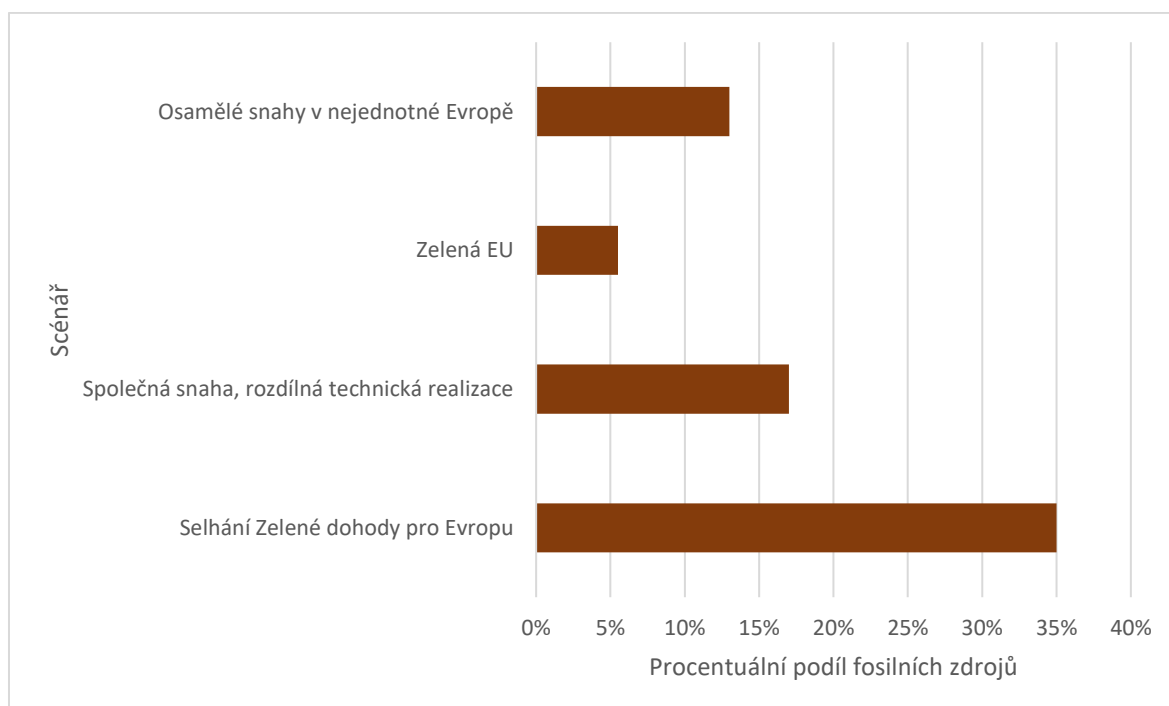
Obr. 27 Porovnání předpokládaného podílu obnovitelných zdrojů energie na výrobě elektřiny v roce 2050 mezi jednotlivými scénáři

Mezi nízkouhlíkové zdroje energie pro výrobu elektřiny se řadí obnovitelné zdroje energie a jaderná energie. Výroba elektřiny z nízkouhlíkových zdrojů tvoří napříč různými scénáři od 65 do 94,5 %. Rozdíl mezi podíly jaderné energie na výrobě elektřiny není mezi scénáři nikterak veliký, a proto je i zde hlavním měřítkem pro porovnání různě velké využití obnovitelných zdrojů energie. Toto je znázorněno na Obr. 26.



Obr. 28 Porovnání předpokládaného podílu nízkouhlíkových zdrojů energie na výrobě elektřiny v roce 2050 mezi jednotlivými scénáři

Spalování fosilních paliv jako jsou ropa, uhlí a plyn je hlavním zdrojem emisí CO₂ v energetice. Nejvíce elektráren na fosilní paliva je využíváno ve scénáři Selhání Zelené dohody pro Evropu. Na druhém místě je scénář Společná snaha, rozdílná technická realizace, avšak zde je počítáno s plným nasazením technologií zachytávání uhlíku. Nejmenší množství spalování fosilních paliv je předpokládáno ve scénáři Zelená EU. I v něm je ale počítáno s nasazením technologií na zachytávání uhlíku. Porovnání zastoupení fosilních paliv v energetickém mixu pro různé scénáře je znázorněno na Obr. 29.



Obr. 29 Porovnání předpokládaného podílu fosilních paliv na výrobě elektřiny v roce 2050 mezi jednotlivými scénáři

Dílčí závěr

Lze říci, že energetické mixy států napříč Evropou se zdatelně liší, avšak země, které jsou si geograficky blízké je často mají do jisté míry podobné. Je tomu tak především díky podobnému historickému vývoji, ekonomickým podmínkám a v některých případech i obdobným možnostem pro rozvoj obnovitelných zdrojů energie.

Jako nejdůležitější faktor vývoje evropského energetického mixu byla identifikována politická nařízení, která měla historicky největší dopad na formování evropské energetiky. Dá se proto očekávat, že tomu tak bude i v budoucnu, kdy budou mít na energetiku pravděpodobně největší dopad nařízení Evropské unie směřované na boj s emisemi oxidu uhličitého. Tyto nařízení budou také hnací silou ve vývoji nových technologií v oblasti energetiky.

Dále byly představeny a hodnoceny přesnosti predikcí společnosti IEA prezentovaných v publikacích World Energy Outlook 2006, 2010 a 2016. Zatímco tehdy optimistické predikce týkající se obnovitelných zdrojů energie byly předpovězeny poměrně přesně a k jejich naplnění dojde pravděpodobně ještě dříve, než bylo předpokládáno, tak situace ohledně emisí oxidu uhličitého se vyvíjí spíše opačným směrem. Z analýz jednotlivých předpovědí společnosti IEA je pak patrné, že vychází z předpokladů dostupných v době svého vzniku. Jednak tak reálné energetické mixy mohou ovlivnit „černé labutě“, které lze těžko předpovídat, druhak a hlavně ale došlo ke změnám legislativních emisních cílů (viz kapitola 2.5), které tyto předešlé predikce mohly jen těžko reflektovat. Navíc je patrné, že fosilní energetika trendově klesá značně rychleji a obnovitelné zdroje energie trendově rostou značně rychleji, než předpovídaly všechny předešlé predikce. Všechny tyto nepřesné odhady trendů a změny předpokladů tak vedou k potřebě vyhotovovat stále nové a aktuálnější predikce, což je primárním cílem této práce.

Představení možných scénářů budoucího vývoje evropské energetiky se věnuje čtvrtá kapitola, kde jsou čtenáři prezentovány celkem čtyři různé scénáře, kterými by se energetika v Evropě mohla ubírat. Tyto scénáře byly následně porovnány mezi sebou v několika různých kritériích a každému z nich byla přisouzena určitá pravděpodobnost naplnění. Avšak jejich pravděpodobnost nebyla nijak vyčíslena, pouze porovnána s ostatními scénáři. Ze současného pohledu se jako nejpravděpodobnější verze budoucnosti jeví scénář pojmenovaný Společná snaha, rozdílná technická realizace. V něm se Evropské unii podařilo dosáhnout svých klimatických cílů, avšak ponechala jednotlivým členským státům do jisté míry volnou ruku v jejich provedení. Výsledkem je tak energetický sektor, ve kterém jsou ve velké míře využívány obnovitelné zdroje energie, ale také jaderná energie a v menší míře vodíkové technologie a fosilní paliva s implementovanými technologiemi zachytávání uhlíku. Došlo v něm i k vysoké míře elektrifikace a výraznému zlepšení energetické efektivity. Zapojení zákazníků na trhu s elektřinou a inovativní technologická řešení umožnily dosažení flexibility ze strany poptávky. Díky synergickému působení všech opatření je v tomto scénáři v roce 2050 cena elektřiny nižší než v roce 2023. Výroba elektřiny je tedy v roce 2050 uhlíkově neutrální díky strategickým investicím do nových energetických technologií a technologií využívajících přírodní zdroje.

5 Analýza aktuálního stavu elektrické spotřeby

Tato kapitola je zaměřena na analýzu struktury spotřeby elektřiny. Analyzována je spotřeba elektřiny v evropských zemích, rozdělená do čtyř hlavních sektorů: domácnosti, průmysl, doprava a služby, ze které bude stanoven výchozí stav struktury energetické spotřeby pro scénáře jejího budoucího vývoje.

V domácnostech se elektřina používá pro každodenní potřeby obyvatelstva, jako je osvětlení, vytápění, chlazení, vaření a provoz domácích spotřebičů. Spotřeba elektřiny v tomto sektoru závisí na velikosti a energetické účinnosti domácností, klimatických podmínkách a životním stylu obyvatel. Například v chladnějších oblastech může být spotřeba vyšší kvůli potřebě vytápění.

Průmyslový sektor zahrnuje spotřebu elektřiny ve výrobě a zpracování materiálů, včetně těžkého průmyslu, strojírenství, automobilového průmyslu a chemického průmyslu. Tento sektor je často největším spotřebitelem elektřiny, protože průmyslové procesy vyžadují značné množství energie. Energetická náročnost se liší podle typu průmyslu; například automobilový a strojírenský průmysl jsou známé svou vysokou energetickou spotřebou.

Doprava pokrývá spotřebu elektřiny pro všechny druhy dopravních prostředků, včetně elektrických vlaků, tramvají, metra a elektromobilů. Zahrnuje také infrastrukturu jako jsou nabíjecí stanice pro elektromobily. Spotřeba v tomto sektoru závisí na úrovni elektrifikace dopravních systémů. Země s rozvinutou elektrifikovanou železniční sítí a vysokým podílem elektromobilů mají vyšší spotřebu elektřiny v dopravě.

Sektor služeb zahrnuje spotřebu elektřiny v kancelářských budovách, obchodních centrech, hotelech, restauracích, nemocnicích, školách a dalších institucích. Spotřeba elektřiny je zde ovlivněna faktory jako jsou velikost a počet služebních zařízení, úroveň automatizace a digitalizace, a energetická účinnost budov. Vysoce rozvinuté služby, jako bankovníctví, IT a turistika, přispívají k vyšší spotřebě elektřiny v tomto sektoru. Tento sektor zahrnuje také spotřebu elektřiny v oblastech rybaření, lesnictví a zemědělství.

Analýza využívá data z evropských a národních zdrojů, přičemž pro země mimo EU jsou dostupná data z roku 2021, zatímco pro EU z roku 2022. Tento rozdíl aktuálnosti dat je způsoben různou dostupností a vyhotovením statistik (podobně je to i u části popisující výrobní mixy). Z tohoto důvodu mohou být hodnoty pro země mimo EU mírně odlišné od stavu pro rok 2022. Nicméně, tyto rozdíly jsou velmi malé a pohybují se v rámci desetin procenta. Výraznější změny v procentuálních podílech segmentů spotřeby se obvykle projevují až po několika letech. Na Ukrajině pak nejsou dostupná aktuální data kvůli probíhajícímu konfliktu.

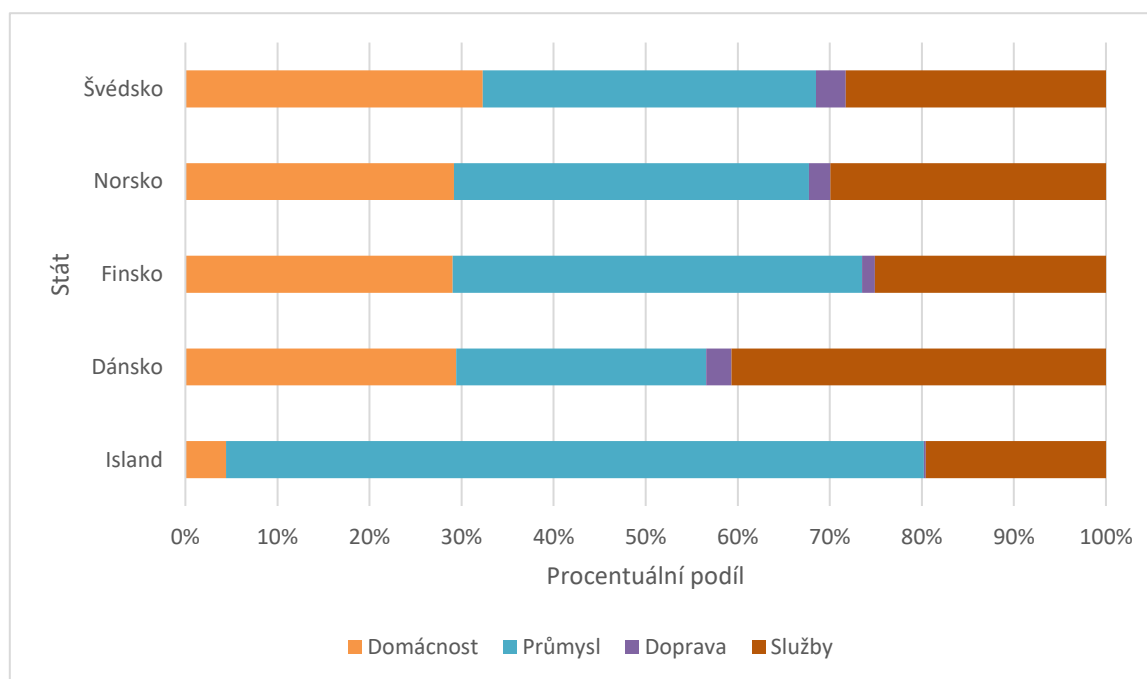
5.1 Severní Evropa

Tato oblast se skládá z pěti zemí: Dánsko, Finsko, Island, Norsko a Švédsko. Ve všech zemích kromě Islandu má spotřeba domácností na celkové spotřebě velmi podobnou hodnotu, přibližně 29 %. Ve Švédsku je tato hodnota o něco vyšší, a to 32,3 %, což je dáno největším počtem obyvatel mezi zmíněnými zeměmi. Na Islandu je podíl spotřeby elektřiny v domácnostech výrazně nižší, jen 4,43 %, což souvisí s nejmenší populací v tomto regionu [85, 86, 89, 90, 91].

Na rozdíl od domácností je spotřeba v průmyslu na Islandu velmi vysoká, dosahuje 75,8 %, především díky rozsáhlé výrobě hliníku [90, 91, 92]. To je výrazný rozdíl oproti ostatním zemím v této oblasti. V Dánsku je spotřeba v průmyslu nejnižší (27,1 %). Ve Finsku, Norsku a Švédsku je spotřeba v průmyslu podobná, a to 44,5 %, 38,5 % a 36,2 %. I přes rozdíly v průmyslových odvětvích se podíl spotřeby elektřiny v průmyslu mezi těmito zeměmi výrazně neliší. Ve Švédsku převládá automobilový průmysl, těžba surovin a jejich zpracování, ve Finsku těžba surovin a zpracování dřeva, zatímco v Norsku je klíčovým odvětvím ropný průmysl [85, 87, 93].

Podíl spotřeby elektřiny v dopravě je ve většině zemí podobný, až na Finsko a Island, kde je výrazně nižší. Na Islandu je podíl spotřeby v dopravě pouze 0,21 % a ve Finsku 1,4 % [90, 91]. Důvodem je menší rozsah elektrifikované sítě a omezení výstavby kvůli geografickým podmínkám [94, 95]. Ostatní země se pohybují okolo 2,5 % [85, 88, 89].

Spotřeba elektřiny ve službách a ostatních sektorech je ve Finsku, Norsku a Švédsku podobná, a to 25,1 %, 29,9 % a 28,2 %. Na Islandu je tato spotřeba nižší (19,6 %), zatímco v Dánsku je spotřeba služeb vyšší, dosahuje 40,7 %, především díky vyšší turistické návštěvnosti [85, 90, 91, 96].



Obr. 30 Grafické znázornění spotřeby elektrické energie zemí severní Evropy v roce 2022 (zdroje dat: [85, 86, 87, 88, 90, 91])

Tabulka 13 Spotřeba elektrické energie zemí severní Evropy v roce 2022 (zdroj dat: [85, 86, 87, 88, 90, 91])

	Island	Dánsko	Finsko	Norsko	Švédsko
Domácnost	4,43 %	29,41 %	29,04 %	29,19 %	32,31 %
Průmysl	75,78 %	27,17 %	44,45 %	38,54 %	36,18 %
Doprava	0,21 %	2,73 %	1,40 %	2,34 %	3,26 %
Služby	19,59 %	40,69 %	25,12 %	29,94 %	28,24 %

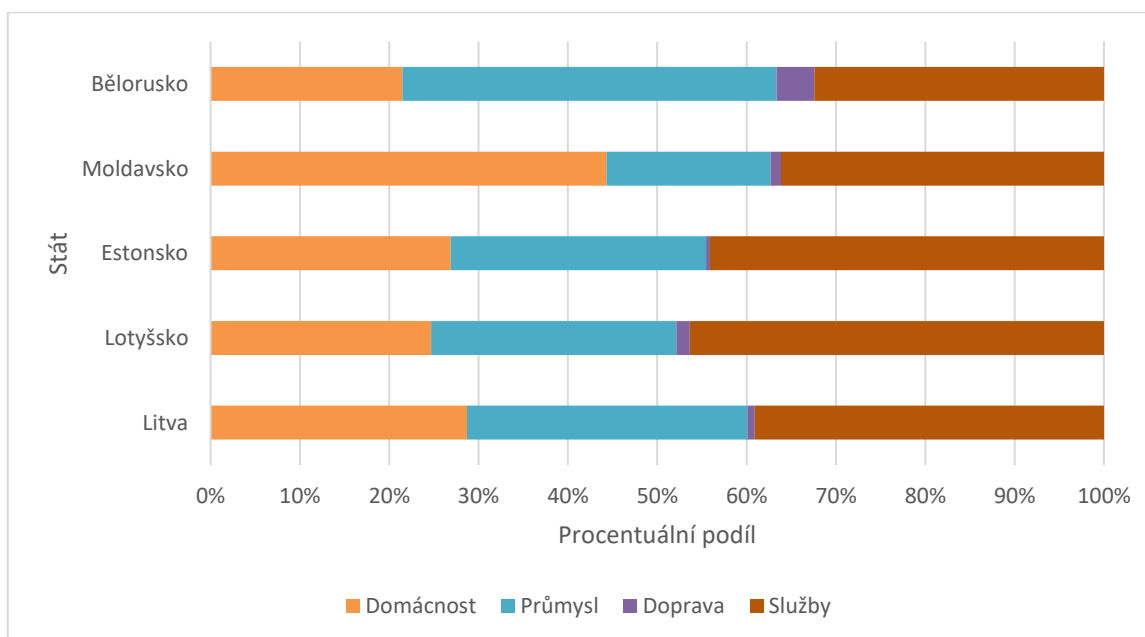
5.2 Východní Evropa

Tato oblast se skládá z pěti zemí: Litvy, Lotyšska, Estonska, Moldavska a Běloruska. Podíl spotřeby elektřiny v domácnostech je velmi podobný v Litvě, Lotyšsku a Estonsku, kde činí 28,7 %, 24,7 % a 26,9 %. O něco nižší je v Bělorusku s 21,4 %, zatímco Moldavsko vykazuje nejvyšší spotřebu v domácnostech s 44,3 % [85, 86, 89, 97, 98].

Podíl spotřeby elektřiny v průmyslu je rovněž podobný v pobaltských státech: Litva 31,4 %, Lotyšsko 27,4 % a Estonsko 28,6 %. Litva, Lotyšsko a Estonsko se na těžký průmysl nezaměřují, což se odráží v jejich nižší spotřebě elektřiny v tomto sektoru [101]. Bělorusko má nejvyšší podíl průmyslové spotřeby s 41,9 %, což je důsledkem zaměření na těžký průmysl, strojírenství a chemický průmysl [97, 98, 99]. Naopak Moldavsko má nejnižší podíl průmyslové spotřeby se 18,3 %, protože se zaměřuje spíše na méně energeticky náročný potravinářský a textilní průmysl [85, 87, 100].

Podíl spotřeby elektřiny v dopravě je nejvyšší v Bělorusku s 4,2 %, kde velká síť elektrifikovaných železnic a vládní investice do elektrické mobility zvyšují tuto spotřebu [97, 98, 103]. V Moldavsku, Litvě a Lotyšsku se spotřeba v dopravě pohybuje kolem 1 % celkové spotřeby. Estonsko má nejnižší podíl spotřeby v dopravě s 0,4 %, což je důsledkem menších investic do elektrické dopravy [85, 88].

Podíl spotřeby elektřiny ve službách je nejvyšší v Lotyšsku 46,4 % a Estonsku 44,1 %. Tento vysoký podíl je způsoben rozvinutým sektorem IT, finančních služeb a moderní kancelářskou infrastrukturou [104, 105]. Litva a Moldavsko mají průměrný podíl spotřeby ve službách, a to 39,1 % a 36,2 %. Bělorusko má nejmenší procentní spotřebu ve službách 32,4 %, což je způsobeno vyšší spotřebou v průmyslu [85, 97, 98].



Obr. 31 Grafické znázornění spotřeby elektrické energie zemí východní Evropy v roce 2022 (zdroje dat: [85, 86, 87, 88, 97, 98])

Tabulka 14 Spotřeba elektrické energie zemí východní Evropy v roce 2022 (zdroj dat: [85, 86, 87, 88, 97, 98])

	Litva	Lotyšsko	Estonsko	Moldavsko	Bělorusko
Domácnost	28,72 %	24,70 %	26,89 %	44,33 %	21,45 %
Průmysl	31,38 %	27,44 %	28,58 %	18,33 %	41,91 %
Doprava	0,80 %	1,51 %	0,44 %	1,19 %	4,20 %
Služby	39,09 %	46,35 %	44,08 %	36,15 %	32,44 %

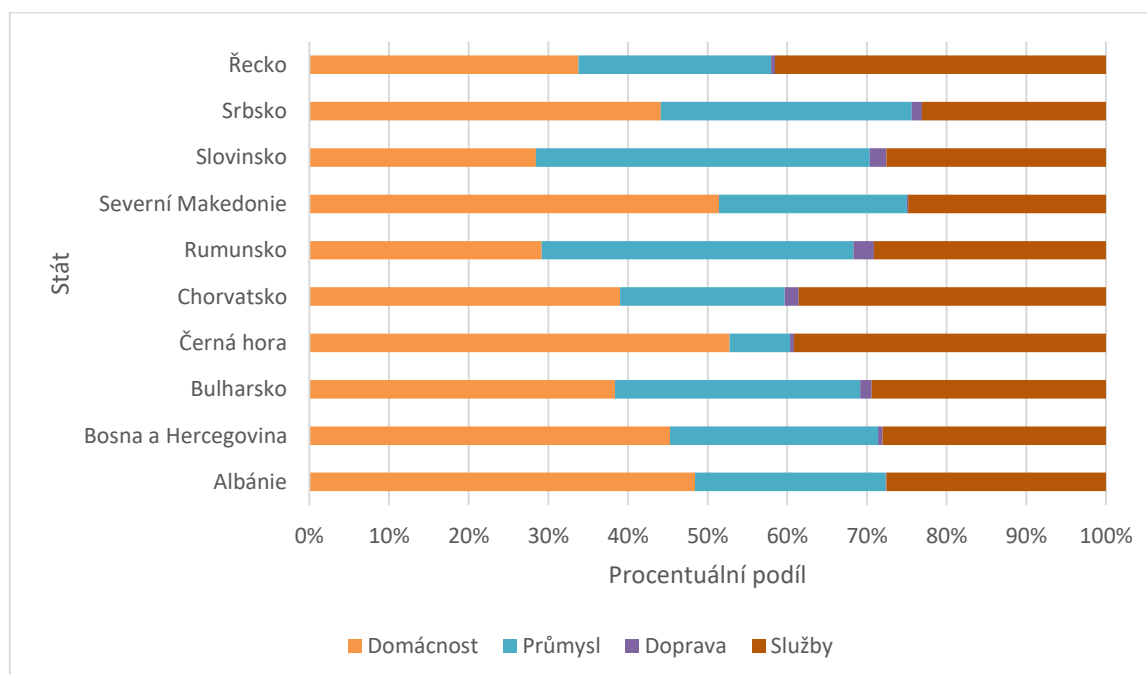
5.3 Jihovýchodní Evropa

Tato oblast zahrnuje deset zemí: Albánie, Bosna a Hercegovina, Bulharsko, Černá Hora, Chorvatsko, Rumunsko, Severní Makedonie, Slovinsko, Srbsko a Řecko. Podíl spotřeby elektřiny v domácnostech je nejvyšší v Černé Hoře a Severní Makedonii, kde dosahuje 52,7 % a 51,4 %. Tento vysoký podíl je způsoben nižší procentuální spotřebou elektřiny v průmyslu. Následuje Albánie s 48,4 %, Bosna a Hercegovina s 45,3 %, Srbsko se 44,1 %, Chorvatsko se 39 %, Bulharsko s 38,4 %, Řecko s 33,7 % a mezi nejnižšími jsou Rumunsko s 29,2 % a Slovinsko s 28,4 % [85, 86].

V sektoru průmyslu je podíl spotřeby elektřiny nejnižší v Černé Hoře, kde dosahuje pouze 7,6 %, vzhledem k tomu, že místní průmysl se soustředí na těžbu uhlí a potravinářský průmysl [102, 106]. Dále následuje Chorvatsko s 20,7 %, Severní Makedonie a Albánie s 23,5 %, Řecko s 24,2 % a Bosna a Hercegovina s 26,1 %. Naopak nejvyšší podíl spotřeby v průmyslu je v Bulharsku s 30,8 %, Rumunsku s 39,1 % a Slovinsku s 41,9 %, což je způsobeno přítomností automobilového, chemického a farmaceutického průmyslu [85, 87, 107, 108, 109].

Podíl spotřeby elektřiny v dopravě je nejnižší v Albánii s 0,1 %, následovaný Severní Makedonií s 0,2 %, Řeckem, Bosnou a Hercegovinou a Černou Horou s 0,5 %. V Srbsku činí podíl spotřeby v dopravě 1,3 %, v Bulharsku 1,5 %, v Chorvatsku 1,7 %, ve Slovinsku 2,1 % a nejvyšší je v Rumunsku s 2,6 %, kde je trh s elektromobilitou více rozvinutý [85, 88, 125].

Ve službách je podíl spotřeby elektřiny nejmenší v Srbsku s 23,1 %, následuje Severní Makedonie s 24,8 %, Albánie a Slovinsko s 27,5 %, Bosna a Hercegovina s 28 %, Bulharsko a Rumunsko s 29 %. Nejvyšší podíl spotřeby ve službách mají Chorvatsko s 38,6 %, Černá Hora s 39,2 % a Řecko s 41,6 %, což je dáno zejména rozvinutým sektorem cestovnímu ruchu, který je pro ně klíčový [85,110].



Obr. 32 Grafické znázornění spotřeby elektrické energie zemí jihovýchodní Evropy v roce 2022 (zdroje dat: [85, 86, 87, 88])

Tabulka 15 Spotřeba elektrické energie zemí jihovýchodní Evropy v roce 2022 (zdroj dat: [85, 86, 87, 88])

	Albánie	Bosna a Hercegovina	Bulharsko	Černá hora	Chorvatsko
Domácnost	48,42 %	45,26 %	38,36 %	52,73 %	39,01 %
Průmysl	23,94 %	26,13 %	30,79 %	7,6 %	20,66 %
Doprava	0,09 %	0,58 %	1,45 %	0,48 %	1,74 %
Služby	27,55 %	28,03 %	29,40 %	39,20 %	38,59 %
	Rumunsko	Severní Makedonie	Slovinsko	Srbsko	Řecko
Domácnost	29,17 %	51,41 %	28,42 %	44,12 %	33,77 %
Průmysl	39,11 %	23,58 %	41,93 %	31,49 %	24,22 %
Doprava	2,60 %	0,20 %	2,09 %	1,29 %	0,45 %
Služby	29,11 %	24,81 %	27,55 %	23,10 %	41,57 %

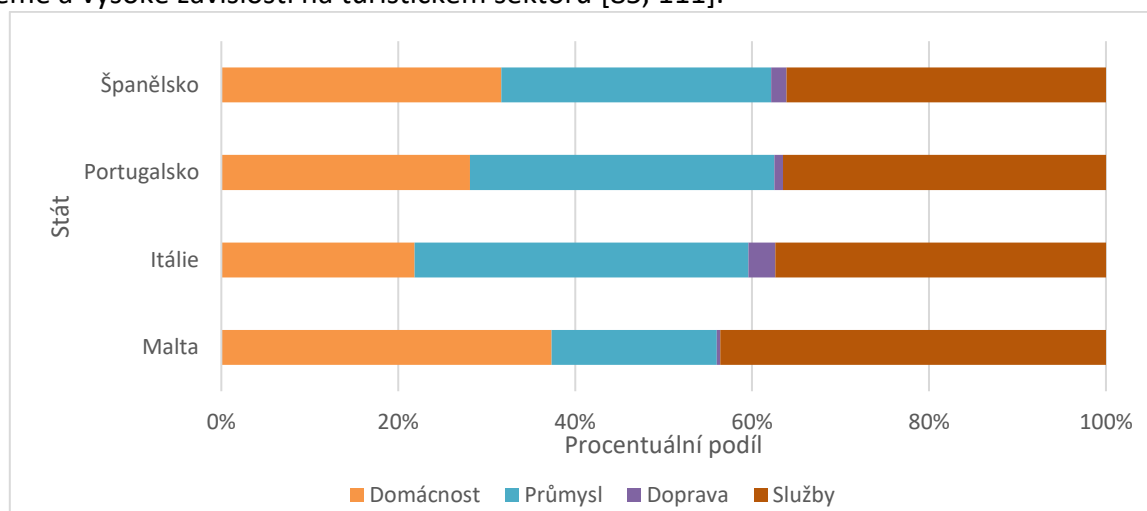
5.4 Jižní Evropa

Tato oblast se skládá ze čtyř zemí: Malta, Itálie, Portugalsko a Španělsko. Podíl spotřeby elektřiny v domácnostech je nejvyšší na Maltě s 37,3 %, následuje Španělsko s 31,6 % a Portugalsko s 28,1 %. Nejmenší podíl spotřeby má Itálie, a to pouze 21,8 % [85, 86].

Podíl spotřeby v průmyslu je nejnižší na Maltě se 18,7 % kvůli menšímu průmyslovému sektoru v porovnání s ostatními zeměmi této oblasti. Dále je Španělsko se 30,5 %, Portugalsko s 34,4 % a nejvyšší spotřebu má Itálie se 37,7 %. V Itálii je vyšší podíl spotřeby nejen díky automobilovému průmyslu, ale také kvůli strojírenskému průmyslu, který má velký dopad na spotřebu [85, 87, 111, 112].

Podíl spotřeby v dopravě je podobná v Portugalsku s 1 % a ve Španělsku s 1,7 %. Nejnižší podíl spotřeby je na Maltě s 0,4 %, což je důsledkem toho, že Malta je velmi malý ostrovní stát s nízkou poptávkou po dopravní elektřině. Na rozdíl od toho má Itálie podíl spotřeby kolem 3 % díky své rozsáhlé a elektrifikované železniční síti [85, 88, 111, 113].

Podíl spotřeby ve službách je velmi podobná v Itálii s 37,4 %, Portugalsku s 36,5 % a ve Španělsku s 36,1 %. Nejvyšší podíl spotřeby je na Maltě, a to 43,6 %, vzhledem k malé velikosti země a vysoké závislosti na turistickém sektoru [85, 111].



Obr. 13 Grafické znázornění spotřeby elektrické energie zemí jižní Evropy v roce 2022 (zdroje dat: [85, 86, 87, 88])

Tabulka 16 Spotřeba elektrické energie zemí jižní Evropy v roce 2022 (zdroj dat: [85, 86, 87, 88])

	Malta	Itálie	Portugalsko	Španělsko
Domácnost	37,33 %	21,85 %	28,11 %	31,65 %
Průmysl	18,68 %	37,74 %	34,39 %	30,52 %
Doprava	0,38 %	3,05 %	1,01 %	1,71 %
Služby	43,61 %	37,37 %	36,50 %	36,12 %

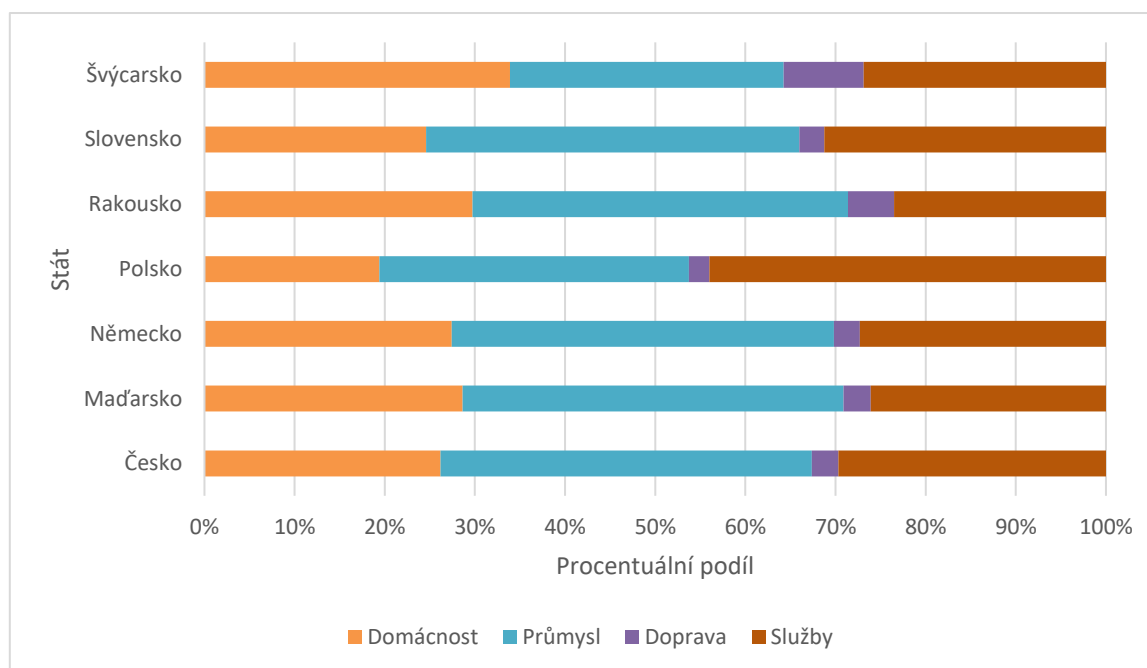
5.5 Střední Evropa

Tato oblast se skládá ze sedmi zemí: Česko, Maďarsko, Německo, Polsko, Rakousko, Slovensko a Švýcarsko. Podíl spotřeby elektřiny v domácnostech je ve všech zemích velmi podobný a liší se pouze o několik procent. Největší podíl spotřeby má Švýcarsko s 33,8 %, následuje Rakousko s 29,7 %, Maďarsko s 28,6 %, Německo s 27,4 %, Česko s 26,2 %, Slovensko s 24,6 % a Polsko s 19,4 % [85, 86, 115, 116].

Podíl spotřeby v průmyslu je ve dvou zemích nižší než v ostatních: Polsko má 34,4 % a Švýcarsko 30,4 %. Nižší podíl spotřeby ve Švýcarsku je způsoben zaměřením na méně energeticky náročná odvětví [114, 115, 116]. V ostatních zemích jsou hodnoty následující: Česko 41,2 %, Maďarsko 42,2 %, Německo 42,4 %, Rakousko 41,7 % a Slovensko 41,4 % [85, 87].

Podíl spotřeby elektřiny v dopravě je v Česku, Maďarsku, Německu, Polsku a na Slovensku podobný, pohybuje se kolem 3 %. V Rakousku je to 5,1 % a ve Švýcarsku 8,9 % díky rozsáhlé a rozvinuté elektrifikované železniční síti [85, 88, 115, 116].

Podíl spotřeby ve službách je relativně podobný. Nejnižší spotřebu má Rakousko s 23,5 %, následuje Maďarsko s 26,1 %, Švýcarsko s 26,9 %, Německo s 27,3 %, Česko s 29,7 %, Slovensko s 31,2 % a nejvyšší podíl spotřeby má Polsko se 43,9 % [85, 115, 116].



Obr. 34 Grafické znázornění spotřeby elektrické energie zemí střední Evropy v roce 2022 (zdroje dat: [85, 86, 87, 88, 115, 116])

Tabulka 17 Spotřeba elektrické energie zemí střední Evropy v roce 2022 (zdroj dat: [85, 86, 87, 88, 115, 116])

	Česko	Maďarsko	Německo	Polsko	Rakousko	Slovensko	Švýcarsko
Domácnost	26,20 %	28,64 %	27,44 %	19,39 %	29,73 %	24,58 %	33,89 %
Průmysl	41,18 %	42,23 %	42,38 %	34,35 %	41,67 %	41,41 %	30,36 %
Doprava	2,94 %	3,03 %	2,88 %	2,26 %	5,10 %	2,78 %	8,88 %
Služby	29,68 %	26,10 %	27,30 %	43,99 %	23,50 %	31,23 %	26,87 %

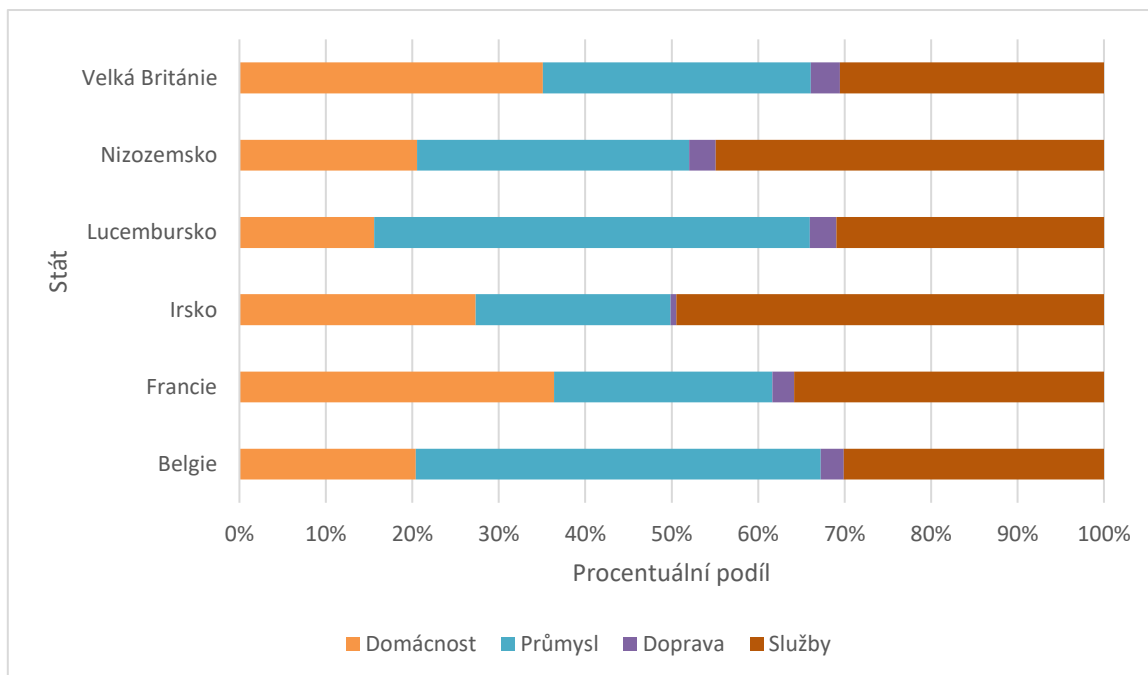
5.6 Západní Evropa

Tato oblast se skládá z šesti zemí: Belgie, Francie, Irsko, Lucembursko, Nizozemsko a Velká Británie. Ve Velké Británii a ve Francii je podíl spotřeby elektřiny v domácnostech vyšší, a to 35,1 % a 36,4 %. Důvodem je větší populace v těchto zemích ve srovnání s ostatními. Naproti tomu Lucembursko má nejnižší podíl spotřeby elektřiny v domácnostech, pouze 15,6 %, což je důsledkem nejmenšího počtu obyvatel mezi těmito zeměmi. Ostatní země (Belgie, Irsko, Nizozemsko) mají podobný podíl spotřeby, konkrétně 20,4 %, 27,3 % a 20,6 % [85, 86, 89, 117, 118, 120].

Podíl spotřeby elektřiny v průmyslu je nejvyšší v Lucembursku, kde dosahuje až 50,4 %. To je způsobeno výrobou oceli a chemických produktů. Belgie má rovněž vysoký podíl spotřeby elektřiny v průmyslu (46,8 %), což je dáno výrobou a zpracováním kovů a rozvinutým chemickým průmyslem. Nizozemsko a Velká Británie mají podobné podíly spotřeby elektřiny v průmyslu, 31,5 % a 31 %, zatímco Francie a Irsko mají pouze 25,2 % a 22,6 %. Menší podíl spotřeby průmyslu v těchto dvou zemích je způsoben menší přítomností energeticky náročných sektorů [85, 87, 117, 118, 122].

Podíl spotřeby elektřiny v dopravě je ve všech zemích podobný, kolem 3 %. Nejnižší je v Irsku, kde se více preferuje automobilová doprava a doprava busem, a to zejména na venkově [85, 88, 117, 119, 121].

Irsko a Nizozemsko mají nejvyšší podíl spotřeby elektřiny ve službách (49,5 % a 44,9 %), což je způsobeno přítomností hlavních finančních center a datových center. Francie má podíl spotřeby 35,8 %, hlavně díky většímu turistickému sektoru než zbytek zemí. Ostatní země mají podíl spotřeby služeb kolem 30 % [85, 117, 123, 124].



Obr. 35 Grafické znázornění spotřeby elektrické energie zemí západní Evropy v roce 2022 (zdroje dat: [85, 86, 87, 88, 117, 118, 119, 120])

Tabulka 18 Spotřeba elektrické energie zemí západní Evropy v roce 2022 (zdroj dat: [85, 86, 87, 88, 117, 118, 119, 120])

	Belgie	Francie	Irsko	Lucembursko	Nizozemsko	Velká Británie
Domácnost	20,40 %	36,41 %	27,31 %	15,57 %	20,56 %	35,10 %
Průmysl	46,83 %	25,23 %	22,56 %	50,42 %	31,47 %	30,99 %
Doprava	2,68 %	2,54 %	0,66 %	3,06 %	3,07 %	3,37 %
Služby	30,09 %	35,82 %	49,47 %	30,96 %	44,89 %	30,53 %

6 Scénáře struktury spotřeby elektřiny

Tato kapitola je zaměřena na návrh scénářů budoucího procentuálního podílu spotřeby elektrické energie v Evropě k roku 2050. Vzhledem k ambiciózním cílům Evropské zelené dohody, která usiluje o obecné dosažení uhlíkové neutrality do roku 2050 (viz kapitola 2.3.6) a to jak ve výrobě, tak ve vybraných segmentech spotřeby, je pro validní odhad budoucí struktury spotřeby nezbytné soustředit se na tyto klíčové sektory, zejména tedy domácnosti a dopravu. U domácností se tak bude jednat primárně o elektrifikaci/míru elektrifikace vytápění/chlazení a u dopravy zavádění elektromobility, případně alternativních paliv.

Jednou ze strategií Zelené dohody jsou renovační vlny, které identifikují 3 oblasti zájmů: řešení energetické chudoby a rekonstrukce nejhůře fungujících (energeticky náročných) budov, rekonstrukce veřejných budov a dekarbonizace vytápění a chlazení [146]. Jako rámec pro dosažení stanovených cílů je do roku 2030 očekáváno zavedení 30 milionů tepelných čerpadel, což stanovuje průmyslový plán Zelené dohody [147].

V souladu s tím je také rozvoj vodíkové infrastruktury, kdy se počítá s klíčovou rolí vodíku v určitých sektorech. Ambicí do roku 2030 je tedy rozvoj vodíkové infrastruktury a podpory investic do vodíku. Přitom vyrobit alespoň 10 milionů tun vodíku a importovat 10 milionů tun obnovitelného vodíku [145]. Další strategií Evropské zelené dohody je rozvoj elektromobility a související **snížení emisí z dopravy o 90 % do roku 2050 oproti roku 1990**. Do roku 2030 tak má být v provozu minimálně 30 milionů vozů **s nulovými emisemi** (ne nezbytně elektrickými) na evropských silnicích, 100 evropských měst bude klimaticky neutrálních a námořní plavidla s nulovými emisemi budou zavedena na trhu. Do roku 2050 je potom cílem strategie dekarbonizace téměř všech typů dopravy a zdvojnásobení železniční nákladní dopravy [144].

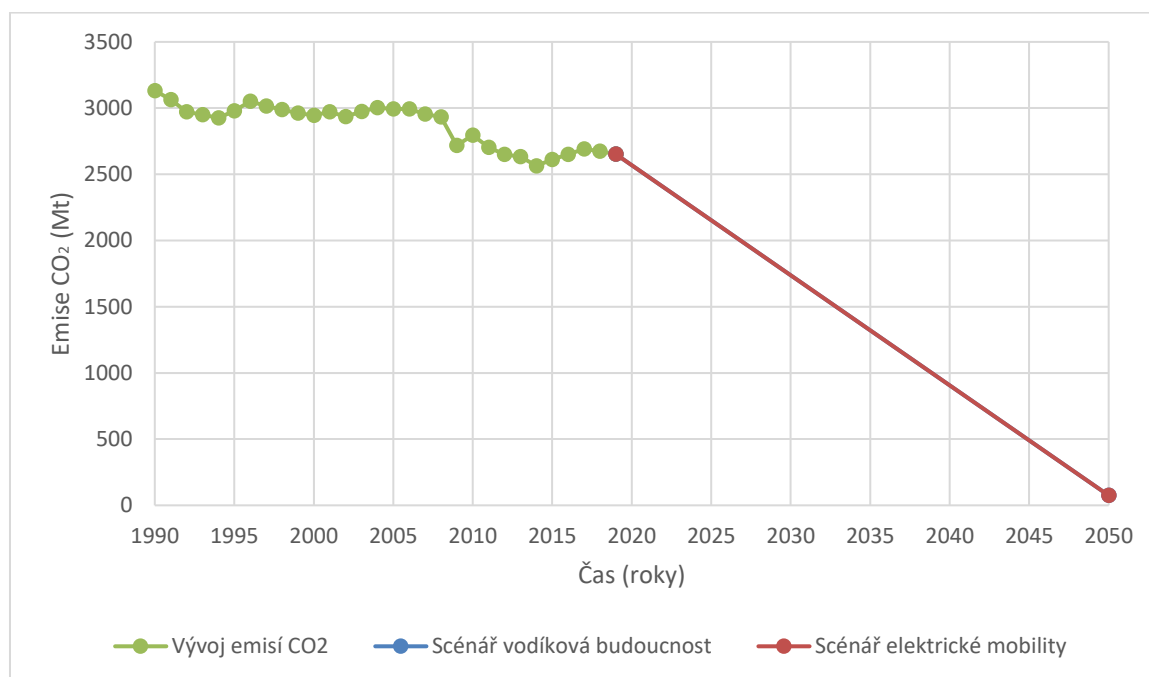
Na rozdíl od předchozích čtyř scénářů vývoje energetických výrobních mixů podle míry použití primárních zdrojů, tato kapitola navrhuje pouze dva scénáře, které představují možné budoucí vývoje spotřeby elektrické energie: stabilní růst spotřeby v domácnostech (nahrazení topných kotlů tepelnými čerpadly) a dvě varianty vývoje spotřeby v dopravě – jedna s nízkou a druhá s vysokou procentuální spotřebou elektrické energie (dána rozvojem elektromobility). Tyto scénáře byly navrženy, jelikož představují nejpravděpodobnější varianty z hlediska aktuálně nastaveného vývoje a legislativy v rámci dekarbonizace EU do roku 2050 a navazují na nejpravděpodobnější scénáře vývoje energetických mixů výroby.

První scénář se zaměřuje na rozvoj vodíkové technologie, kde se vodík využívá jako hlavní palivo, a jeho výroba by byla zajišťována převážně elektrolýzou, což by výrazně zvýšilo spotřebu elektrické energie v průmyslu. Tento scénář zohledňuje vodík jako klíčový prvek pro dekarbonizaci těžké dopravy a průmyslových procesů. Druhý scénář se soustředí na masivní rozvoj elektromobility, kde by většina vozidel byla poháněna přímo elektrickou energií. Tento přístup by vedl k výraznému nárůstu spotřeby elektrické energie přímo v sektoru dopravy, zejména díky rychlému rozšíření dobíjecí infrastruktury a korespondujícího růstu počtu elektrických vozidel na silnicích.

Oba tyto scénáře předpokládají výrazné snížení emisí do roku 2050 ve vybraných segmentech (souvisí s dosažením legislativních cílů), což bylo vyhodnoceno jako nejpravděpodobnější vzhledem k předchozím analýzám hlavních faktorů ovlivňujících výrobu elektrické energie. Emise CO₂ v EU budou obecně uvažovány jako bilančně nulové, tam kde tohoto nepůjde dosáhnout, bude využita technologie popsána v kapitole 3.3.3 na zachytávání uhlíku. S nulovými emisemi CO₂ se tedy legislativně nepočítá zejména v sektoru nákladní, námořní a letecké dopravy. Je třeba poznamenat, že prezentované odhady vývoje jednotlivých segmentů

spotřeby jsou založeny pouze na aktuálních informacích a poznacích a mohou se v budoucnu s určitou technologickou, případně jinou inovací, nebo legislativou měnit.

Graf znázorněný na Obr. 36 ukazuje vývoj emisí během let ve sledovaných sektorech. Sečteny jsou tak jednotlivé emise ze sektorů dopravy, průmyslové procesy, spalování v rezidenčních a komerčních budovách, zemědělství, spalování v průmyslu a stavebnictví. Z grafu je patrný menší trend poklesu emisí od roku 2005. Dekarbonizace v těchto sektorech tak s největší pravděpodobností bude zrychlovat [148].



Obr. 36 Grafické znázornění vývoj emisí CO₂ a predikce podle scénářů (převzato a upraveno z: [148])

Společným jmenovatelem obou scénářů je předpoklad, že celková absolutní spotřeba elektrické energie poroste. Hlavní příčinou tohoto zvýšení bude výroba vodíku, nebo spotřeba elektrické energie prostřednictvím elektromobility. Tento nárůst absolutní spotřeby je odhadován na více než dvojnásobek spotřeby v roce 2022, která byla 3056 TWh [136], což je o něco málo více než aktuální predikce [143]. Celková absolutní spotřeba elektrické energie v Evropě pro rok 2050 by se podle očekávání tedy zvedla zhruba na 6350 TWh.

6.1 Analýza výchozího stavu spotřeby elektrické energie

Tato kapitola je zaměřena na rozbor aktuálního (výchozího) stavu spotřeby elektrické energie v Evropě, rozdělení do čtyř sektorů je shodné s kapitolou 5. Procentní podíly spotřeby v Evropě jsou vypočítány jako průměry procentuálních podílů spotřeby v jednotlivých zemích. Tyto údaje jednotlivých zemí z kapitoly 5 byly následně zprůměrovány váženým průměrem, kde váha je absolutní hodnoty spotřeby jednotlivých zemí.

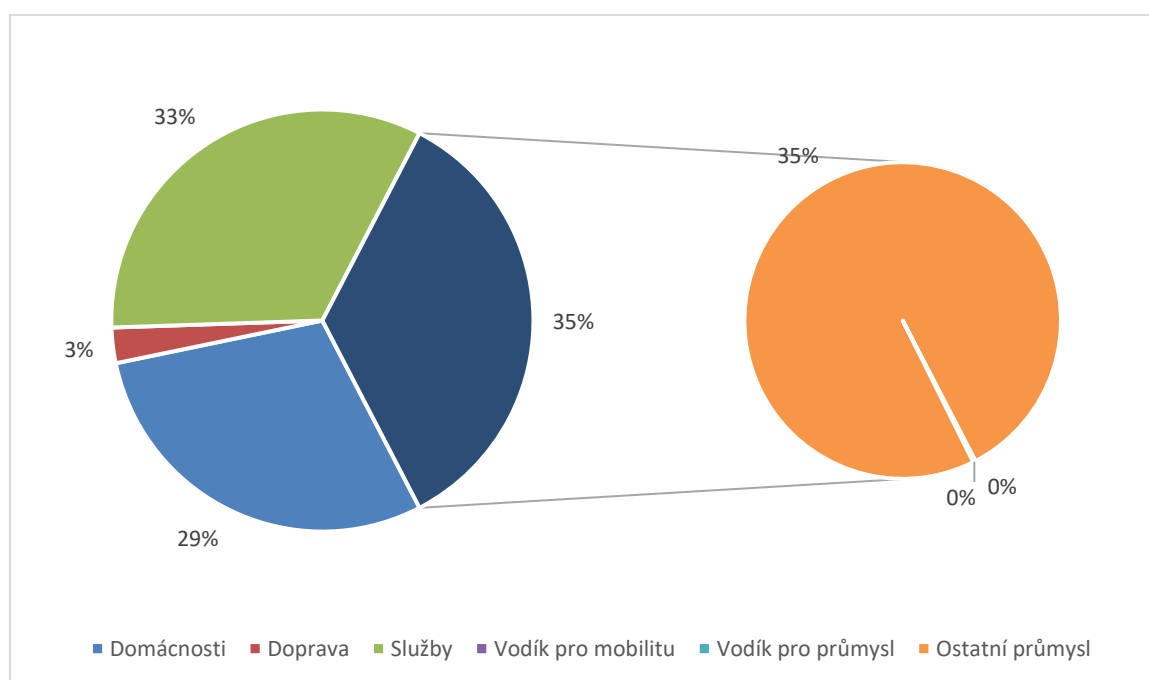
V sektoru domácností, který tvoří 29,25 % celkového podílu spotřeby elektřiny, jsou největšími spotřebiteli energie především vytápění, ohřev vody a osvětlení. Menším podílem přispívají také elektrické přístroje, vaření a chlazení. Celková spotřeba je ovlivněna mnoha faktory jako je energetická účinnost spotřebičů, klimatickými podmínkami a počtem domácností [126].

Průmysl je momentálně největším spotřebitelem elektrické energie, s podílem 35,03 %. Tento sektor zahrnuje také energeticky náročné procesy ve výrobě a zpracování, přičemž nejvíce

energie spotřebovávají průmyslová odvětví jako chemický průmysl, hutnictví, zpracování kovů a výroba papíru [127].

Podíl spotřeby elektrické energie v sektoru dopravy činí pouze 2,71 %. Aktuálně je tedy spotřeba v tomto sektoru relativně nízká, a to především v důsledku převládajícího využívání spalovacích motorů. Největší podíl na současné spotřebě elektrické energie v tomto sektoru dopravy má elektrifikovaná železniční doprava, která v Evropě pokrývá přibližně 50 % železničních tratí [128].

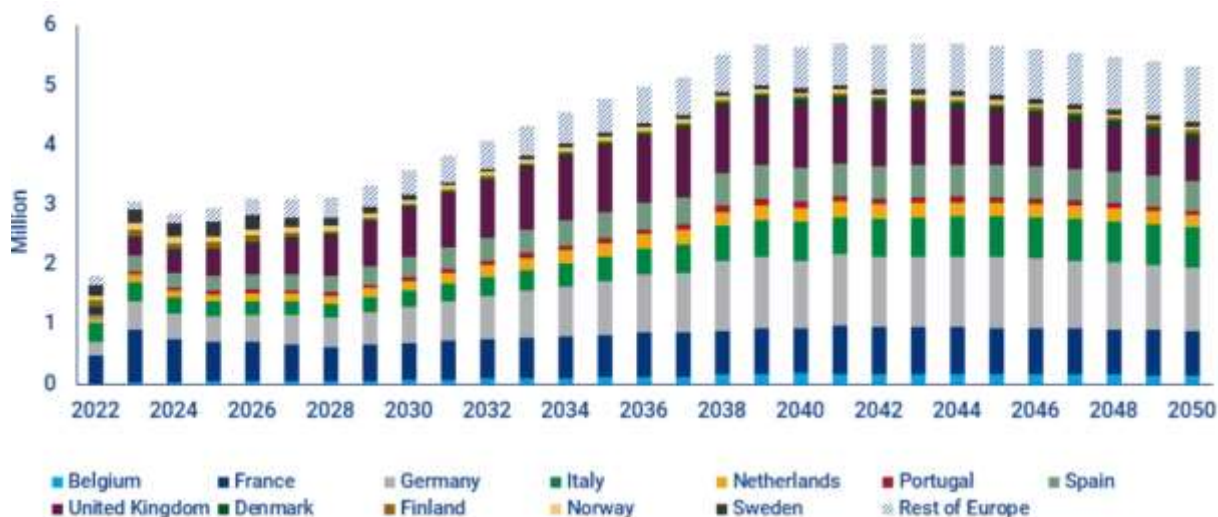
V sektoru služeb, který tvoří 33,01 % celkové spotřeby elektřiny, je hlavním segmentem spotřeby elektrické energie vytápění, a to zejména v komerčních a veřejných budovách. Přibližně 70 % elektřiny v tomto sektoru připadá na kanceláře a obchody [129].



Obr. 37 Grafické znázornění aktuální spotřeby elektřiny v Evropě pro rok 2022 (zdroje dat: [85])

6.2 Vývoj budoucí spotřeby v domácnostech

Jak bylo zmíněno v úvodu této kapitoly, oba scénáře jsou uvažují stabilní růst spotřeby v domácnostech, kde je největším spotřebitelem energie vytápění, které je zajišťováno především spalovacími tepelnými kotly. V poslední dekádě jsou k nim stále častěji přidávána tepelná čerpadla, která v budoucnu pravděpodobně i nahradí všechny spalovací tepelné kotle. Počet prodaných tepelných čerpadel se v posledních letech výrazně zvýšil, jen za poslední rok se ztrojnásobil. K roku 2022 bylo obytných prostorách nainstalováno přibližně 21 milionů tepelných čerpadel se spotřebou elektrické energie 77 TWh [130, 131]. Očekává se růst instalace tepelných čerpadel za účelem dosažení uhlíkové neutrality vytápění domácností (viz Obr. 35), do roku 2050 tak Evropa dosáhne okolo 150 milionu instalovaných tepelných čerpadel. Přičemž se díky tomu očekává nárůst spotřeby elektrické energie v sektoru domácností o 611 TWh, což je navýšení spotřeby tepelných čerpadel na osminásobek z roku 2022 [130, 131]. Celková spotřeba v sektoru domácností by v roce 2050 dosáhla asi 1450 TWh.



Obr. 38 Grafická predikce v počtu nově instalovaných TČ za rok (zdroje dat: [131])

6.3 Scénář vodíkové budoucnosti

V tomto scénáři se počítá s nízkým procentuálním podílem elektrických vozidel v dopravě, kde se dále předpokládá, že elektrická vozidla nebudou přijímána v dominantním měřítku a sektor dopravy se bude více zaměřovat na alternativní paliva, jako je vodík, nebo syntetická paliva. V současné době je pouze 5 % vozidel poháněno alternativními palivy [132]. Je uvažována přibližná stagnace růstu počtu automobilů, který tak v roce 2050 bude asi 240 milionů automobilů [154]. Do roku 2050 se očekává také výrazný pokles v těžbě a zpracování uhlí o 80–85 % oproti roku 2022, a u ropy o 75–95 % [133]. Tento výrazný pokles se pravděpodobně projeví v nestabilních a zvyšujících se cenách energií [149]. Uvažováno je tak nahrazení těchto primárních zdrojů vodíkem, který se začne ve výrazném objemu vyrábět a následně používat nejen v dopravě, ale i v průmyslu jako palivo.

Procentuální podíl spotřeby elektrické energie v domácnostech poklesne z 29 % na 23 %. Tento pokles o 6 % je způsobem především nárůstem celkové absolutní spotřeby elektrické energie i přes absolutní růst spotřeby tohoto sektoru (viz úvod kapitoly 6). V sektoru průmyslu je patrný velký nárůst procentuálního podílu spotřeby elektrické energie o 10 %. Hlavním důvodem je rozsáhlá výroba vodíku. Předpokládána je výroba mezi 15–54 milionů tun vodíku, střední hodnota odhadu je tedy asi 33 milionu tun vodíku ročně [137]. Pro 170 milionů automobilů při spotřebě 1 kg na 100 km [150] a ročním průměrném nájezdu (12 000 km/rok [141]) je spotřeba pro mobilitu okolo 20,4 milionů tun vodíku.

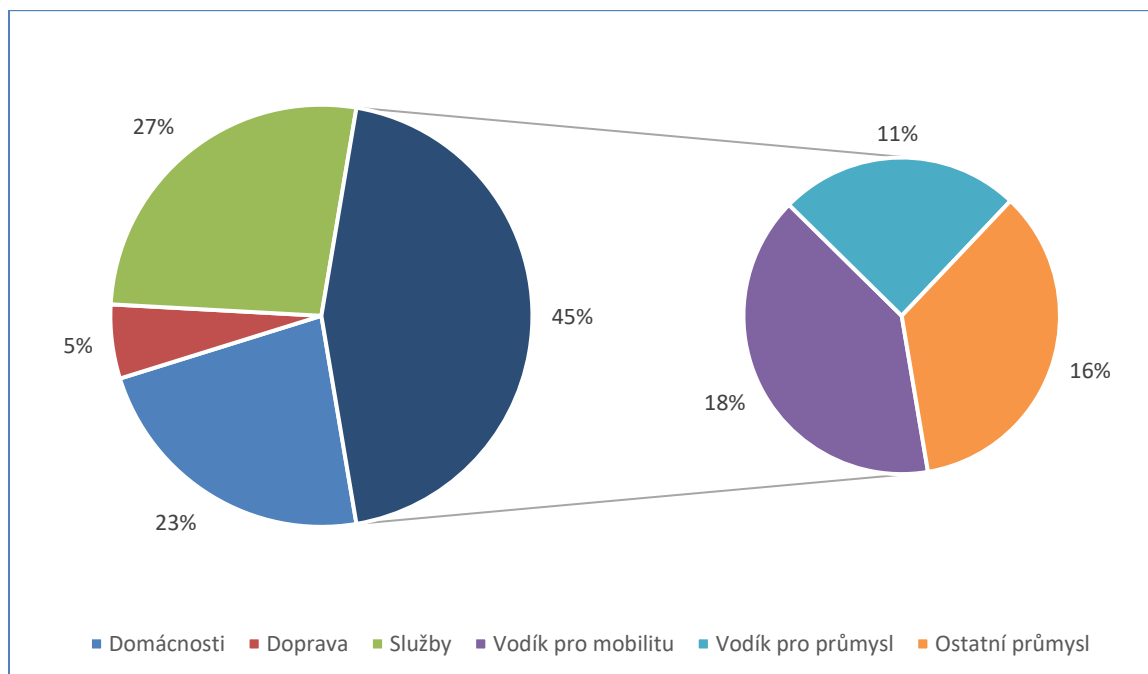
Spotřeba elektrické energie na výrobu jednoho kilogramu vodíku se pohybuje okolo 50 kWh, k čemuž je nutno připočítat průměrnou hodnotu pro kompresi 2,6 kWh/kg - 8,6 kWh/kg pro dosažení výhodné hustoty pro skladování a následnou přepravu [138, 153].

Tabulka 19 Spotřeba elektrické energie při výrobě a zpracování vodíku (zdroj dat: [138, 153])

Celkem kWh/kg vyrobeného vodíku	Výroba	Průměrná spotřeba pro kompresi
55,6 kWh/1 kg	50 kWh/1 kg	5,6 kWh/1 kg

Absolutní hodnota spotřeby elektrické energie k vodíkovému hospodářství je odhadnuta na 1835 TWh. K této hodnotě je třeba přičíst ostatní průmysl, který bude nadále využívat elektrickou energii. Výsledná spotřeba elektřiny v průmyslu bude na hodnotě 2835 TWh. V sektoru dopravy dojde k malému nárůstu procentuálnímu podílu spotřeby elektřiny o 2 %.

Tento nárůst je způsobem rozvojem čerpacích stanic na vodík, kde je spotřebováno množství elektrické energie pro čerpání vodíku do vozidel a provozování čerpacích stanic [139]. Také je uvažován menší rozvoj elektromobility, konkrétně k 70 milionům automobilů, což s provozem čerpacích stanic na vodík povede k nárůstu spotřeby v dopravě na 230 TWh, k tomu je nutno přičíst aktuální spotřebu elektrické energie v dopravě a spotřebu elektrické energie na železničních tratích. Spotřeba elektrické energie drah je aktuálně kolem 60,47 TWh [152]. Do roku 2050 je tak předpokládána elektrifikace všech železničních tratí, čímž spotřeba elektrické energie drah vzroste na 108,2 TWh [152]. V sektoru služeb je uvažován ekvivalentní nárůst absolutní spotřeby elektrické energie, a to především kvůli chlazení datových center pro umělou inteligenci a datovou správu. Datová centra v EU v roce 2022 spotřebovala průměrně 55 TWh [151]. V roce 2033 nasazení umělé inteligence a výstavba nových datových center pravděpodobně vyvolá dodatečnou spotřebu 220 TWh [151, 155]. Uvažován dále bude lineární nárůst spotřeby datových center, což by znamenalo, že se absolutní spotřeba elektrické energie v sektoru služeb se zvýší o zhruba 680 TWh. V procentuálním podílu spotřeby elektřiny v roce 2050 by sektor služeb přesto poklesl o 6 %.

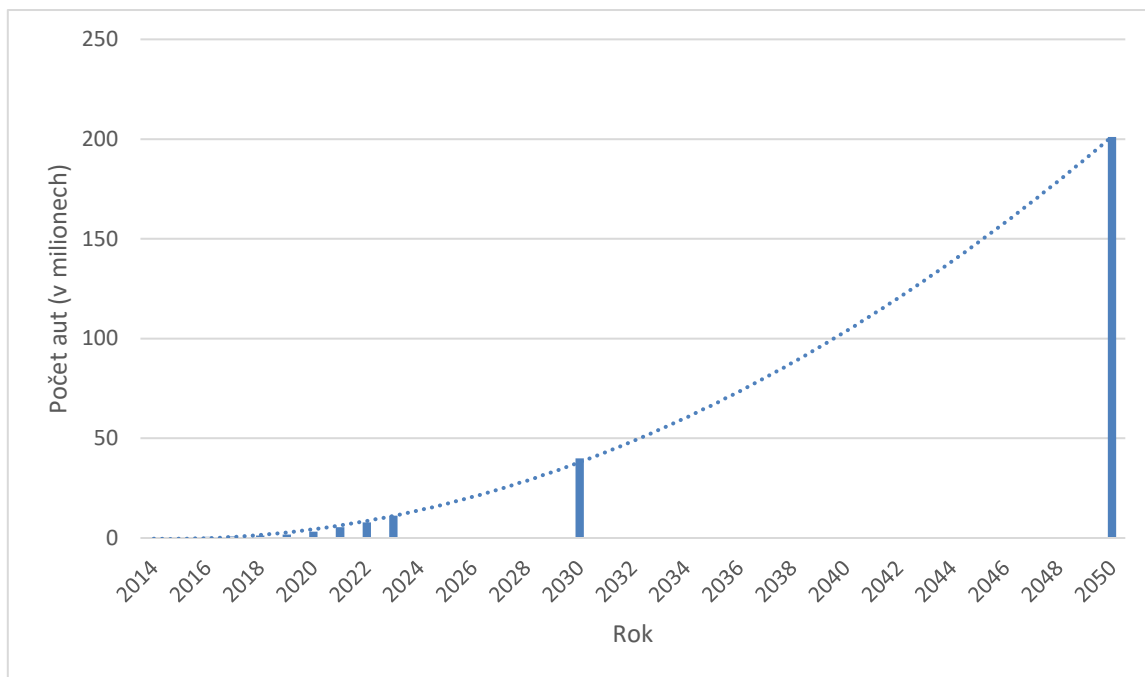


Obr. 39 Grafické znázornění scénáře vodíkové budoucnosti v Evropě pro rok 2050

6.4 Scénář elektrické mobility

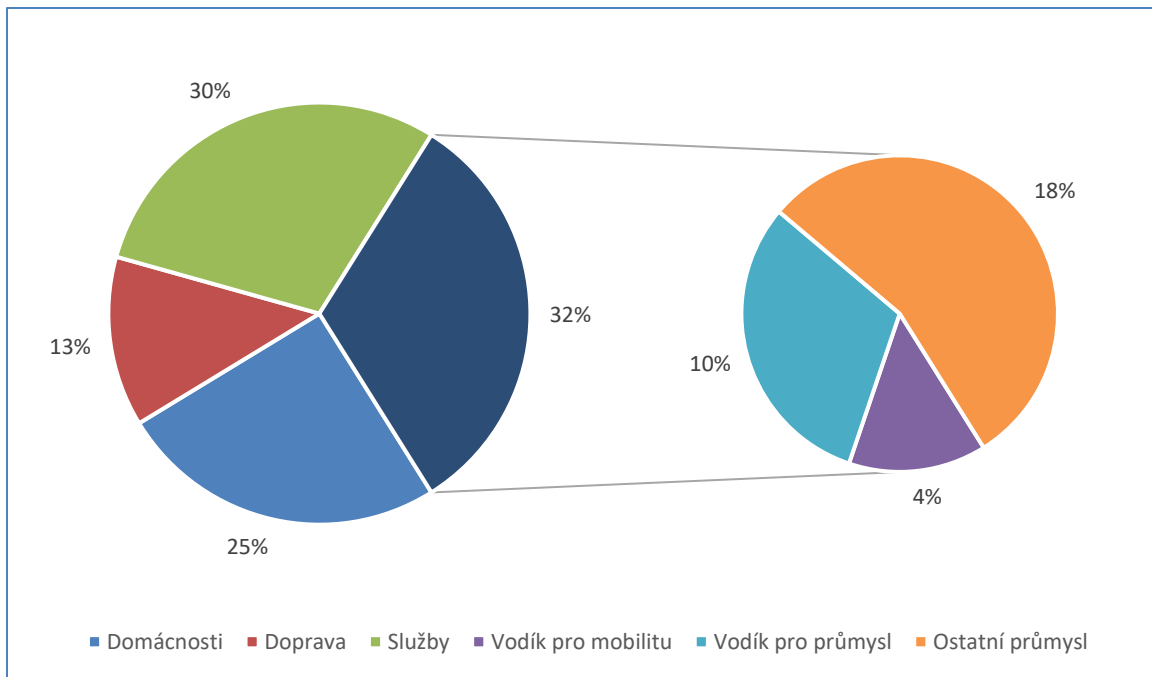
Ve scénáři elektrické mobility je předpokládán velmi výrazný nárůst spotřeby elektrické energie v dopravě. Uvažuje se, že elektrická vozidla se stanou dominantním způsobem osobní i nákladní dopravy. Tento rozvoj bude podporován rychlým rozvojem dobíjecí infrastruktury a technologickým pokrokem v oblasti baterií, které umožní delší dojezd a rychlejší nabíjení.

Do roku 2030 je odhadováno, že počet elektrických vozidel na silnicích v EU dosáhne přibližně 40 milionů, což bude představovat významný podíl na celkovém počtu automobilů v provozu. Tento nárůst bude podpořen nejen rostoucím zájmem spotřebitelů, ale především vládními politikami, které budou aktivně podporovat elektromobilitu za účelem snižování emisí v sektoru dopravy. K dosažení legislativních cílů se očekává, že do roku 2050 by mohl počet elektrických vozidel vzrůst asi na 201 milionů s přibližně exponenciálním trendem, což by znamenalo, že většina vozidel bude poháněna přímo elektrickou energií [135].



Obr. 40 Grafický vývoj počtu elektromobilů v Evropě do roku 2050 (převzato a upraveno z: [135])

V roce 2050 se předpokládá (minoritní) podíl asi 16 % vodíkem poháněných automobilů, to odpovídá zhruba 39 milionům automobilů [142]. Ve scénáři elektrické mobility je uvažován stejný nárůst absolutní spotřeby elektrické energie u domácností jako v předchozím scénáři (viz kapitola 6.2), procentuální podíl spotřeby elektrické energie v domácnostech tedy poklesne na 25 %. Důvodem menšího procentuálního poklesu je větší kumulativní účinnost elektromobility než u vodíkové mobility [153, 134]. Procentuální nárůst spotřeby elektrické energie bude v sektoru dopravy asi 10 %. Je uvažována průměrná spotřeba elektromobilu (15 kWh/100 km - 25 kWh/100 km, v závislosti na rychlosti) a průměrnou ujetou vzdáleností ročně okolo 12 000 km [140, 141]. U komerčních automobilů je potom uvažována průměrná ujetá vzdáleností okolo 27 500 km/ročně [141]. Z toho lze dovodit absolutní nárůst spotřeby elektrické energie v sektoru dopravy okolo 630 TWh, k tomu je nutno přičíst aktuální spotřebu elektrické energie v dopravě a spotřebu elektrické energie na železničních tratích. Spotřeba elektrické energie drah je aktuálně kolem 60,47 TWh [152]. Do roku 2050 je tak předpokládána elektrifikace všech železničních tratí, čímž spotřeba elektrické energie drah vzroste na 108,2 TWh [152]. V sektoru služeb je uvažován stejně velký nárůst absolutní spotřeby elektrické energie jako ve scénáři vodíkové budoucnosti, a to ekvivalentně především kvůli datovým centrům, kdy se jejich absolutní spotřeba se zvýší o 680 TWh [151, 155]. Tímto procentuální podíl v sektoru služeb poklesne na 30 %. V sektoru průmyslu je uvažován pokles o 3 % celkového procentuálního podílu spotřeby. V tomto scénáři jsou uvažovány relativně nízké investice do vodíkového hospodářství, přičemž bude nutno vyrábět pouze 15 milionů tun vodíku [137]. Z toho bude 4,7 milionů tun pro automobily, což odpovídá spotřebě asi 261 TWh, a 10,3 milionů tun pro průmysl se spotřebou asi 573 TWh. Spotřeba průmyslu tak naroste o 834 TWh.



Obr. 41 Grafické znázornění scénáře budoucnosti v elektromobilitě v Evropě pro rok 2050

Dílčí závěr

V této části práce byla analyzována procentuální spotřeba elektrické energie v Evropě se zaměřením na čtyři hlavní sektory: domácnosti, průmysl, doprava a služby. Z výsledků analýzy vyplynulo, že ačkoli se procentuální podíly spotřeby elektrické energie v jednotlivých státech liší, lze identifikovat určité podobnosti mezi státy, které jsou si geograficky, politicky, průmyslově blízké. Při váženém zprůměrování jednotlivých segmentů spotřeby evropských států bylo zjištěno, že největší průměrný procentuální podíl na spotřebě elektrické energie má sektor průmyslu (35 %), následně v služby (33 %) a domácnosti (29 %), zatímco doprava (3 %) má podíl na celkové spotřebě relativně nízký.

Oba scénáře, představené v této práci, byly navrženy v souladu s ambiciózními cíli Evropské Zelené dohody, jejíž cílem je dosažení obecné uhlíkové neutrality do roku 2050. Míra vlivu legislativy jako takové už byla diskutována v předchozí části práce, která popisovala vývoj energetických mixů. Na rozdíl od ostatních segmentů, se v segmentu dopravy s dosažením nulových emisí nepočítá (zejména kvůli nákladní, letecké a lodní dopravě), avšak předpokládá se snížení emisí o 90 % oproti roku 1990.

Následně byly představeny dva nejpravděpodobnější scénáře budoucího vývoje procentuálního podílu spotřeby elektrické energie v Evropě. Zohledňují důsledky různých technologických přístupů pro dosažení cílů Zelené dohody. U prvního scénáře, nazvaného „Scénář vodíková budoucnost“ byl předpokládán stabilní růst spotřeby elektrické energie v domácnostech a výrazný rozvoj vodíkových technologií pro dekarbonizaci průmyslu a dopravy. Tento scénář by pak přímo navazoval na scénář výrobní mixu „Zelená EU“. Dramatická integrace obnovitelných zdrojů s fluktuující výrobou, která by v tomto scénáři tvořila více než 50 % energetického mixu se zjevným nedostatkem flexibilních zdrojů by pravděpodobně vedla k nutnosti dramatického rozvoje vodíkového hospodářství jakožto prostředku pro regulaci výkonových špiček způsobených těmito fluktuujícími obnovitelnými zdroji. To by následně vedlo k rozvoji vodíkové mobility a přechodu fosilního průmyslu na vodík jako palivo.

U druhého scénáře, nazvaného „Scénář elektrické mobility“, byl předpokládán stabilní růst spotřeby elektrické energie v domácnostech a výrazný nárůst spotřeby elektrické energie v dopravě díky rozvoji elektromobility. Tento scénář by pak přímo navazoval na scénář rozvoje výrobních mixů „Společná snaha, rozdílná technologická realizace“.

Z těchto dvou scénářů byl jako pravděpodobnější vyhodnocen „Scénář elektrické mobility“ mimo jiné díky vyšší účinnosti elektromobilů oproti vozům poháněným vodíkem. V návaznosti na to bylo předpokládáno výrazné zvýšení počtu elektromobilů, což by vedlo ke zvýšení procentuálního podílu spotřeby elektrické energie v sektoru dopravy a zároveň k menšímu nárůstu celkové absolutní spotřeby elektrické energie než ve scénáři vodíkové budoucnosti. Tento scénář více odpovídá současným trendům a plánům na rozvoj infrastruktury pro elektromobilitu v Evropě.

7 Scénáře vývoje absolutní výroby, spotřeby a exportu elektrické energie

Tato kapitola se zaměřuje na analýzu dvou hlavních kombinací scénářů z pohledu celkových absolutních hodnot bilancí elektrické energie. Jejím cílem je poskytnout ucelený přehled o potenciálním vývoji absolutní výroby, spotřeby a importu (exportu) elektrické energie. Každý ze scénářů je doplněn grafy, které znázorňují tento vývoj hodnot od roku 1990 až po potenciální vývoj do roku 2050. Tyto grafy poskytují jasnější přehled pro porovnání a lepší pochopení klíčových trendů, jež budou potenciálně formovat budoucnost energetického sektoru. Analýza se opírá o projekce ke dvěma klíčovými datům, ke kterým jsou legislativně ukotveny konkrétní cíle, tedy rok 2030 a rok 2050. Ostatní vývoj je uvažován jako lineární mezi těmito body.

Scénář „Vodíková budoucnost“ a „Zelená EU“ se zaměřují na rozvoj vodíkových technologií jako klíčového prostředku pro dekarbonizaci průmyslu a dopravy. Výroba vodíku je v nich plánována prostřednictvím elektrolýzy, což umožní efektivní využití přebytků elektrické energie z obnovitelných zdrojů. V tomto scénáři se počítá s významnou integrací obnovitelných zdrojů energie do energetického mixu, přičemž více než 50% výroby elektřiny by pocházelo z fluktuujících obnovitelných zdrojů. Nedostatek flexibilních zdrojů by pravděpodobně vedl k nutnosti rozsáhlého rozvoje vodíkového hospodářství, které by nejen umožnilo regulaci výkonových špiček, ale také podpořilo rozvoj vodíkové mobility a přechod průmyslu k vodíkovým palivům.

Scénář „Elektrická mobilita“ a „Společná snaha, rozdílná technologická realizace“ předpokládá stabilní růst spotřeby elektrické energie v domácnostech, přičemž výrazný nárůst spotřeby bude především v sektoru dopravy díky rozvoji elektromobility. Tento scénář je založen na politickém rozhodnutí, kdy došlo k většímu vývoji a implementaci technologií využívající jadernou energii a nižšímu využití obnovitelných zdrojů při zachování diverzifikovaného mixu dodávek energie.

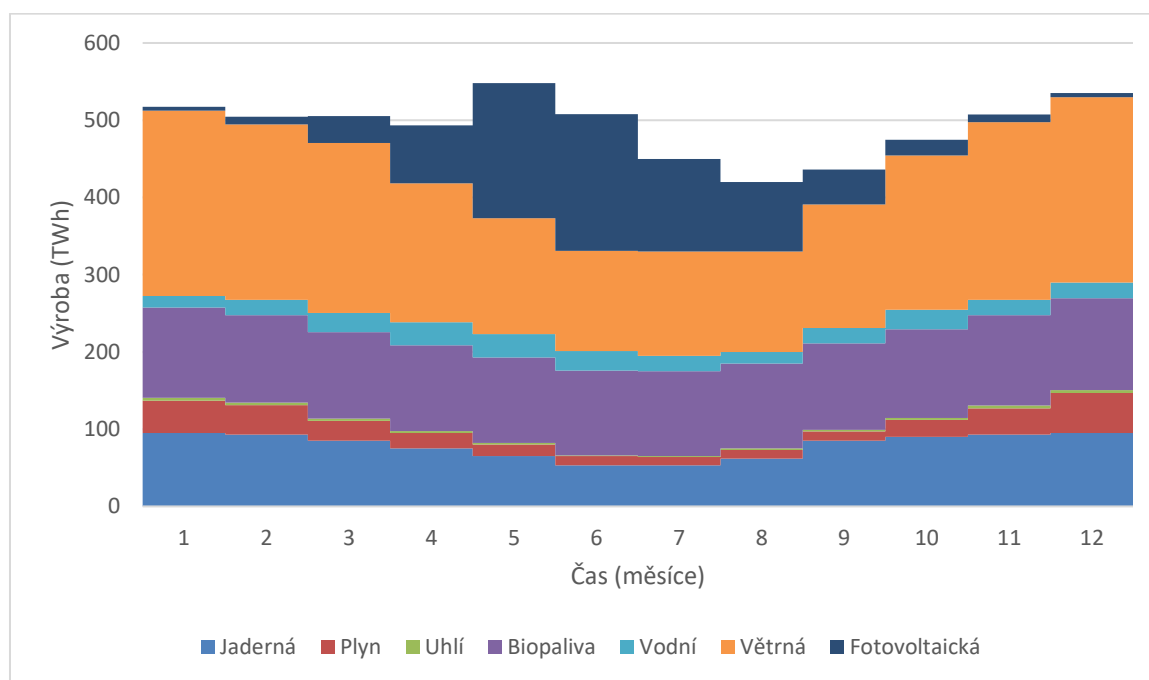
Tato kapitola také obsahuje porovnání navržených scénářů.

7.1 Scénář zelená EU + Vodík

Současný energetický mix Evropy je tvořen převážně flexibilními zdroji jako jsou elektrárny na zemní plyn a uhlí, nebo elektrárnami pracujícími stabilně primárně v základním zatížení, jako jsou elektrárny využívající jadernou energii. To však s významně menším, ale stále nezanedbatelným podílem větrných a fotovoltaických elektráren. Ve scénáři „Zelená EU“ se však k roku 2050 předpokládá opačný stav, kdy budou dominovat právě větrné a fotovoltaické elektrárny. Tyto zdroje jsou charakteristické omezenou časovostí výroby, což znamená, že produkce elektřiny z nich bude proměnlivá a závislá na počasí a ročním období. Tato proměnlivost může vést k obdobím, kdy nebude výroba z těchto zdrojů schopna pokrýt poptávku, a bude nutné spoléhat se buď na flexibilní domácí zdroje, nebo na import elektrické energie. Naopak v obdobích vysokou produkcí z obnovitelných zdrojů může docházet k přebytkům, které bude možné buď exportovat, využít pro akumulaci, nebo omezit výrobu. V rámci podílu spotřeby se ve scénáři „Vodíková budoucnost“ očekává výrazný nárůst spotřeby, zejména v průmyslu, a to především díky výrobě vodíku pro průmyslové účely a dopravu. V ostatních sektorech, jako jsou domácnosti a služby, se procentuální podíl na celkové spotřebě sníží, což však není důsledkem poklesu spotřeby, ale růstu spotřeby v průmyslu v rámci celkového kumulativního nárůstu spotřeby. Klíčovou rolí vodíku bude

pokrytí průmyslové poptávky a poptávky v dopravě, přičemž výroba vodíku bude primárně probíhat během dne, což předpokládá vyšší využití energie ze fotovoltaických elektráren v dobách špičkové výroby. Očekává se, že flexibilní zdroje energie budou pomáhat pokrýt poptávku ve službách i část spotřeby v domácnostech, kde bude vznikat poptávka v obdobích nepříznivých pro výrobu z větrných a fotovoltaických elektráren přímo integrovaných do domácností / komunitních energetik.

Na Obr. 42 je znázorněna očekávaná struktura měsíční výroby elektrické energie v roce 2050 podle scénáře „Zelená EU“.



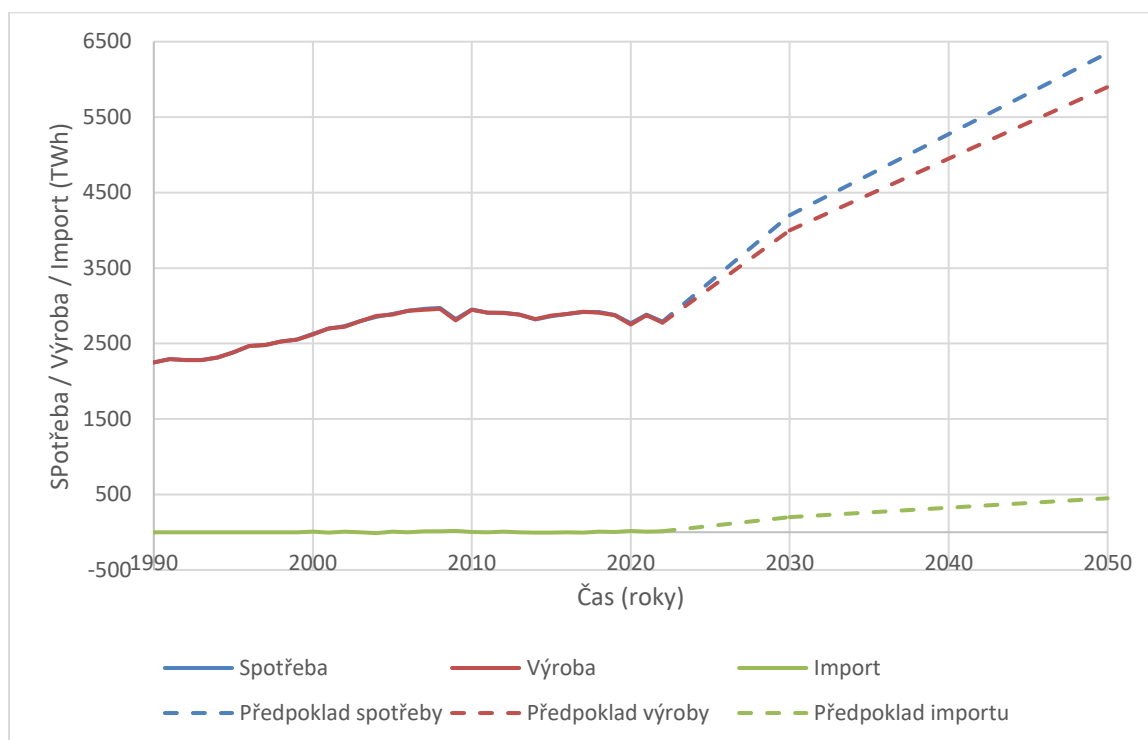
Obr. 42 Grafický předpoklad roční výroby elektrické energie pro scénář „Zelená EU“

Na Obr. 43 je pak graficky znázorněn vývoj spotřeby, výroby a importu elektrické energie ve scénářích „Vodíková budoucnost“ a „Zelená EU“ v letech 1990 až 2050, kdy se očekává značný nárůst využívání obnovitelných zdrojů energie a vodíkového hospodářství, zejména v průmyslu a dopravě. V roce 1990 byla spotřeba a výroba elektrické energie přibližně vyrovnaná na úrovni 2249,9 TWh, přičemž import elektrické energie byl nulový. V průběhu let se tento stav postupně měnil, tedy spotřeba i výroba elektrické energie rostly. Do roku 2022 vzrostla spotřeba elektrické energie na 2790,32 TWh a výroba na 2777,25 TWh, což vedlo k nutnosti importu elektrické energie ve výši 13,07 TWh. Tento vývoj naznačuje, že mezi domácí výrobou a spotřebou začíná vznikat mírná nerovnováha [156].

Do roku 2030 se předpokládá výrazný nárůst spotřeby elektrické energie na 4200 TWh, zatímco výroba dosáhne přibližně 4000 TWh. Import se v tomto roce očekávána úrovni kolem 200 TWh. V roce 2050 se předpokládá další zvýšení spotřeby na 6350 TWh, přičemž import by mohl vzrůst až na 450 TWh, přičemž tato hodnota importu bude záviset i na jiných externích faktorech, jako jsou klimatické podmínky a denní doba, které budou mít zásadní vliv na výrobu z obnovitelných zdrojů.

Na základě uvedené analýzy lze odhadnout, že budoucí elektrizační soustava Evropy bude vyžadovat import elektrické energie, který bude kompenzovat výrobu z obnovitelných zdrojů, především v obdobích, kdy bude nedostatečná. Současný podíl importu na celkové spotřebě činí přibližně 0,5 % avšak tento podíl by mohl vzrůst na 6–8 % z celkové spotřeby elektrické

energie v roce 2050, což odpovídá hodnotě 381–508 TWh. Tento odhad závisí na sezonní výkyvech výroby a schopnosti flexibilních zdrojů kompenzovat tyto výkyvy stejně jako na kapacitě akumulace (elektrolyzérů) elektrické energie, která by se využívala v obdobích nevhodných pro větrnou a fotovoltaickou výrobu.

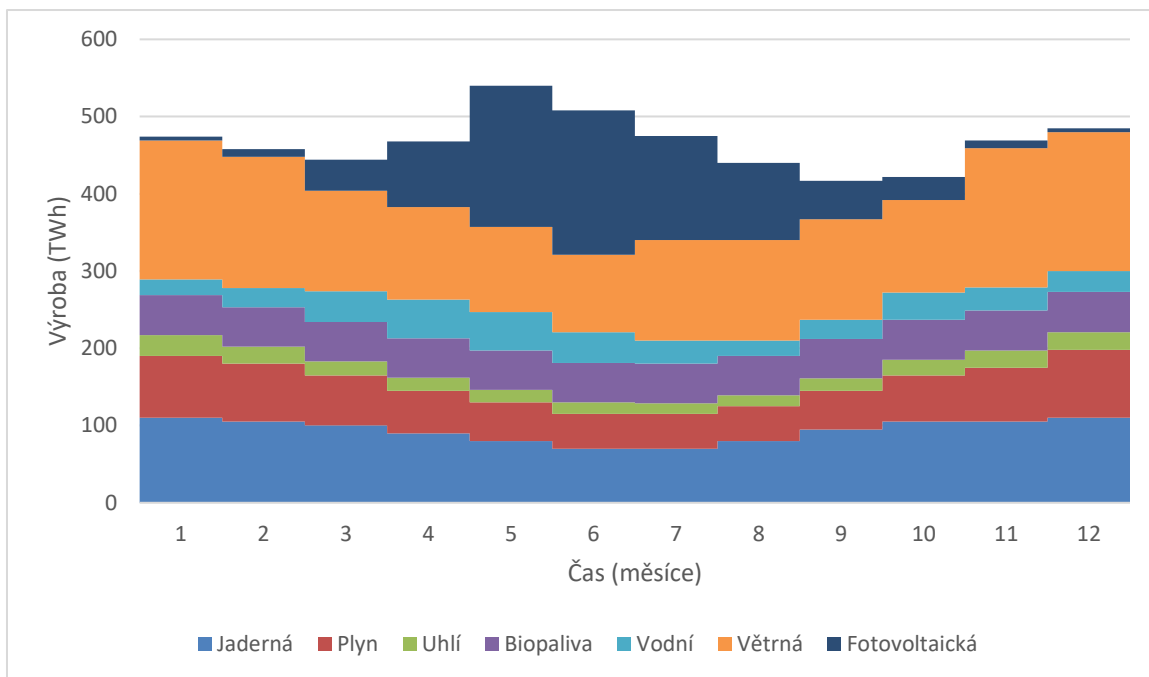


Obr. 43 Grafický předpoklad spotřeby, výroby a importu elektrické energie pro scénáře „Vodíková budoucnost“ a „Zelená EU“ (převzato a upraveno z: [156])

7.2 Scénář Rozdílná technická realizace + elektromobilita

Současný energetický mix je stále výrazně tvořen flexibilními zdroji, jako jsou elektrárny spalující uhlí, plyn a jaderné elektrárny. Významnou roli však začínají hrát i obnovitelné zdroje, jako jsou fotovoltaické a větrné elektrárny, jejichž produkce je silně závislá na klimatických podmínkách. Ve scénáři „Společná snaha, rozdílná technologická realizace“ se předpokládá, že do roku 2050 podíl fotovoltaických a větrných elektráren v energetickém mixu významně vzroste na 45 %, což je o 6 % méně než v předchozí kombinaci scénářů (viz kapitola 7.1). Tyto zdroje vykazují značnou časovost výroby, což vyvolává potřebu podpůrných flexibilních zdrojů schopných kompenzovat jejich výkyvy a zajistit stabilní dodávky elektrické energie podle diagramu zatížení. Ve scénáři „Elektrická mobilita“ se předpokládá výrazný nárůst spotřeby elektrické energie v sektoru dopravy. Tato zvýšená poptávka z dopravy povede ke snížení procentuálního podílu spotřeby elektrické energie v ostatních sektorech, i když absolutní spotřeba v těchto sektorech poroste. Celková spotřeba elektrické energie by tak do roku 2050 mohla dosáhnout 5750 TWh.

Na Obr. 44 je znázorněna očekávaná struktura měsíční výroby elektrické energie v roce 2050 podle scénáře „Společná snaha, rozdílná technologická realizace“.



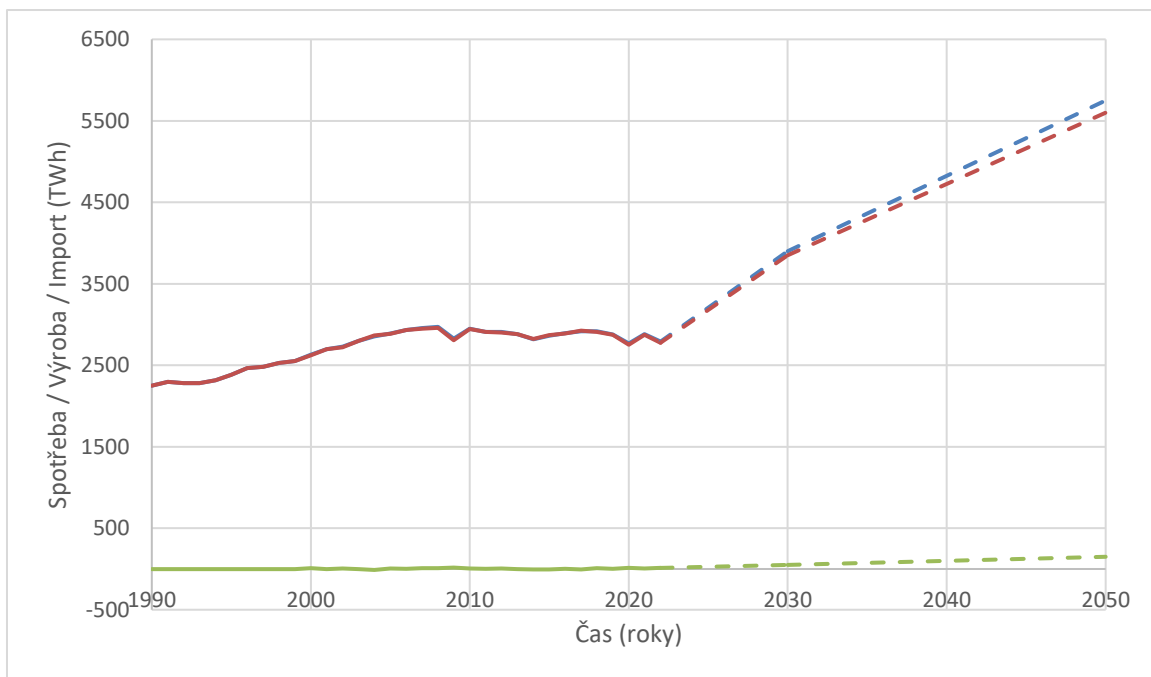
Obr. 44 Grafický předpoklad roční výroby elektrické energie pro scénář „Společná snaha, rozdílná technologická realizace“

Na Obr. 45 je graficky znázorněn vývoj spotřeby, výroby a importu elektrické energie ve scénářích „Elektrická mobilita“ a „Společná snaha, rozdílná technologická realizace“ v letech 1990 až 2050. V roce 1990 byla spotřeba a výroba elektrické energie přibližně vyrovnaná na úrovni 2249,9 TWh (ekvivalentně k předchozí kapitole), přičemž import elektrické energie byl nulový. Tento rovnovážný stav se změnil a do roku 2022 vzrostla spotřeba elektrické energie na 2790,32 TWh a výroba dosáhla 2777,25 TWh, což vedlo k nutnosti importu elektrické energie ve výši 13,07 TWh [156].

Do roku 2030 se předpokládá, že spotřeba elektrické energie vzroste na 3900 TWh, zatímco výroba dosáhne přibližně 3850 TWh. Očekává se vyšší nutnost importu, asi 50 TWh. V roce 2050 se očekává další zvýšení spotřeby na 5750 TWh, přičemž import by mohl na základě předchozích předpokladů vzrůst pouze na 150 TWh, přičemž hodnota importu bude ovlivněna i jinými externími faktory jako jsou klimatické podmínky a denní doba a další. Přesto se tak kumulativní import očekává nezanedbatelně nižší než v první kombinaci scénářů.

Rostoucí poptávka po elektrické energii v dopravě a průmyslu přinese nové výzvy v oblasti řízení výroby a distribuce. Spotřeba elektrické energie v dopravě se bude muset částečně přizpůsobit výrobě elektrické energie, například při nabíjení elektromobilů. Současně se očekává, že výroba vodíku bude napájena elektrickou energií z větrných a fotovoltaických elektráren, ale absolutní výroba vodíku bude nižší než v předchozí kombinaci scénářů, přičemž nejvíce energie bude spotřebováno v období denní fotovoltaické špičky výroby, typicky pro průmyslové aplikace. Flexibilní zdroje, jako jsou elektrárny na zemní plyn a biopaliva, budou primárně sloužit k pokrytí poptávky v domácnostech v období, kdy fotovoltaické a větrné elektrárny budou vyrábět pod poptávkou.

Import tak bude ročně o zhruba 300 TWh menší než v první kombinaci scénářů. Současný podíl importu na celkové spotřebě činí pouze 0,5 %, avšak tento podíl by mohl vzrůst pouze o 2-3 %, což odpovídá právě hodnotě 150 TWh. Přesná výše importu bude záviset na momentální variabilitě produkce z větrných a fotovoltaických elektráren, ale také na rozvoji technologií akumulace energie a řízení flexibilní spotřeby (např. rostoucí význam agregované flexibility).



Obr. 45 Grafický předpoklad spotřeby, výroby a importu elektrické energie pro scénáře „Elektrická mobilita“ a „Společná snaha, rozdílná technologická realizace“ (převzato a upraveno z: [156])

Dílčí závěr

V této části práce byly analyzovány dvě kombinace scénářů a jejich možný budoucí dopad na výrobu, spotřebu a import elektrické energie ze zahraničí. Nejprve byly obě kombinace znovu detailně popsány a zdůrazněny jejich klíčové aspekty, které mohou významně ovlivnit úroveň výroby, spotřeby a importu elektrické energie. Jejich podrobnější popis je pak uveden v kapitolách 4 a 6. Dále byl zhodnocen dosavadní vývoj spotřeby, výroby a importu elektrické energie v období od roku 1990 do roku 2022 a následně byly představeny budoucí projekce.

V první kombinaci scénářů, „Vodíková budoucnost“ a „Zelená EU“, se očekává výrazný nárůst spotřeby elektrické energie, především kvůli předpokladu rozsáhlé výroby vodíku, přičemž spotřeba by mohla dosáhnout 6350 TWh ročně. Výroba elektrické energie založená na energetickém mixu s vyšším podílem větrných a fotovoltaických elektráren, by měla činit přibližně 5900 TWh ročně. Tento rozdíl mezi výrobou a spotřebou elektrické energie by vedl k nutnosti importu elektrické energie ve výši 450 TWh. Ve druhé kombinaci scénářů „Elektrická mobilita“ a „Společná snaha, rozdílná technologická realizace“ by se spotřeba, v důsledku nižší výroby vodíku a vyššího zastoupení elektromobilů, zvýšila na 5750 TWh ročně. Výroba elektrické energie v Evropě by v tomto případě, kvůli nižšímu podílu větrných a fotovoltaických zdrojů, dosáhla 5600 TWh ročně, což by vedlo k nižšímu importu a to 150 TWh ročně.

Na základě analýz z předchozích kapitol byla druhá kombinace scénářů vyhodnocena jako pravděpodobnější. Zároveň tak předpokládá, že Evropa nebude v budoucnu výrazně závislá na importu elektrické energie a bude schopna z větší části pokrýt svou spotřebu vlastní výrobou elektrické energie.

Literatura

- [1] „Čistá energie,“ 24 11 2022. [Online]. Dostupné z: <https://www.consilium.europa.eu/cs/policies/clean-energy/>. [Přístup získán 03 02 2023].
- [2] „Ensuring Europe's nuclear fuel supply,“ 09 11 2017. [Online]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/research-and-innovation/en/projects/success-stories/all/ensuring-europes-nuclear-fuel-supply>. [Přístup získán 03 02 2023].
- [3] „Nuclear Power in Hungary,“ 01 2023. [Online]. Dostupné z: <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/hungary.aspx>. [Přístup získán 19 02 2023].
- [4] „Nuclear Power in Finland,“ 01 2023. [Online]. Dostupné z: <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/finland.aspx>. [Přístup získán 19 02 2023].
- [5] „Nuclear Power in Czech Republic,“ 02 2023. [Online]. Dostupné z: <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/czech-republic.aspx>. [Přístup získán 19 02 2023].
- [6] „Nuclear Power in Slovakia,“ 02 2023. [Online]. Dostupné z: <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-o-s/slovakia.aspx>. [Přístup získán 19 02 2023].
- [7] „Američané budou nově dodávat jaderné palivo kromě Temelína i do Dukovan,“ 29 03 2023. [Online]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/pro-media/tiskove-zpravy/americane-budou-nove-dodavat-jaderne-palivo-krome-temelina-i-do-dukovan-174600>. [Přístup získán 18 04 2023].
- [8] „Zelená dohoda pro Evropu,“ 06 12 2022. [Online]. Dostupné z: <https://www.consilium.europa.eu/cs/policies/green-deal/>. [Přístup získán 03 02 2023].
- [9] „Eurostat,“ 19 duben 2022. [Online]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG_IND_REN/default/table?lang=EN&category=nrg.nrg_quant.nrg_quanta.nrg_ind_share. [Přístup získán 7 1 2023].
- [10] „Data Explorer,“ [Online]. Dostupné z: <https://ember-climate.org/data/data-explorer/>. [Přístup získán 27 1 2023].
- [11] „Hydro Power Plants In Iceland,“ [Online]. Dostupné z: <https://nea.is/hydro-power/electric-power/hydro-power-plants/>. [Přístup získán 13 1 2023].
- [12] M. R. P. R. Hannah Ritchie, „OurWorldInData,“ 2022. [Online]. Dostupné z: <https://ourworldindata.org/energy>. [Přístup získán 8 1 2023].
- [13] „Generation of Electricity using geothermal energy,“ [Online]. Dostupné z: <https://nea.is/geothermal/electricity-generation/>. [Přístup získán 13 1 2023].
- [14] „Electricity imports from Russia to Finland,“ 22 04 2022. [Online]. Dostupné z: <https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/kantaverkko/suomen-sahkojarjestelma/electricity-imports-from-russia-to-finland.pdf>. [Přístup získán 04 02 2023].

- [15] „SWEDEN,“ 06 2019. [Online]. Dostupné z: https://energy.ec.europa.eu/system/files/2019-06/necp_factsheet_se_final_0.pdf. [Přístup získán 04 02 2023].
- [16] „Dopad invaze Ruska na Ukrajinu na trhy: reakce EU,“ 13 02 2023. [Online]. Dostupné z: <https://www.consilium.europa.eu/cs/policies/eu-response-ukraine-invasion/impact-of-russia-s-invasion-of-ukraine-on-the-markets-eu-response/>. [Přístup získán 14 02 2023].
- [17] „WindEurope,“ [Online]. Dostupné z: <https://windeurope.org/about-wind/daily-wind/>. [Přístup získán 13 1 2023].
- [18] „Think Tank European Parliament,“ 24 6 2021. [Online]. Dostupné z: [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI\(2021\)690684](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI(2021)690684). [Přístup získán 8 1 2023].
- [19] D. J. Neubarth, „The role of hydropower in selected South-Eastern European countries,“ 29 10 2018. [Online]. Dostupné z: https://balkanrivers.net/sites/default/files/2018_The%20role%20of%20hydropower%20in%20selected%20SEE%20countries_final%281%29.pdf. [Přístup získán 16 02 2023].
- [20] L. B. A. F. a. A. K. E. Gjika, „Analyzing Seasonality in Hydropower Plants Energy Production and External Variables,“ 2021.
- [21] „The energy sector in Bosnia and Herzegovina,“ [Online]. Dostupné z: <https://bankwatch.org/beyond-fossil-fuels/the-energy-sector-in-bosnia-and-herzegovina>. [Přístup získán 06 02 2023].
- [22] „The energy sector in Bulgaria,“ [Online]. Dostupné z: <https://bankwatch.org/beyond-fossil-fuels/the-energy-sector-in-bulgaria>. [Přístup získán 06 02 2023].
- [23] „Bulgaria - Energy,“ 11 09 2022. [Online]. Dostupné z: <https://www.trade.gov/country-commercial-guides/bulgaria-energy>. [Přístup získán 09 02 2023].
- [24] „The energy sector in Montenegro,“ [Online]. Dostupné z: <https://bankwatch.org/beyond-fossil-fuels/the-energy-sector-in-montenegro>. [Přístup získán 06 02 2023].
- [25] „The energy sector in Croatia,“ [Online]. Dostupné z: <https://bankwatch.org/beyond-fossil-fuels/the-energy-sector-in-croatia>. [Přístup získán 06 02 2023].
- [26] „The energy sector in Romania,“ [Online]. Dostupné z: <https://bankwatch.org/beyond-fossil-fuels/the-energy-sector-in-romania>. [Přístup získán 06 02 2023].
- [27] „The energy sector in North Macedonia,“ [Online]. Dostupné z: <https://bankwatch.org/beyond-fossil-fuels/the-energy-sector-in-macedonia>. [Přístup získán 06 02 2023].
- [28] „REPORT ON THE ENERGY SITUATION IN SLOVENIA,“ 2022. [Online]. Dostupné z: <https://www.agen-rs.si/documents/54870/68629/Report-on-the-Energy-situation-in-Slovenia-2021/37251008-8fad-4fc3-95f3-76569cab4ceb>. [Přístup získán 06 02 2023].
- [29] „The energy sector in Serbia,“ [Online]. Dostupné z: <https://bankwatch.org/beyond-fossil-fuels/the-energy-sector-in-serbia>. [Přístup získán 06 02 2023].
- [30] „Kosovo - Energy,“ 5 8 2022. [Online]. Dostupné z: <https://www.trade.gov/country-commercial-guides/kosovo-energy>. [Přístup získán 13 1 2023].

- [31] D. F. I. K. S. e. a. Prof. Dr. Kostas Andriosopoulos, „Greek Energy Market Report 2022,“ 2022. [Online]. Dostupné z: <https://www.haee.gr/FileServer?file=85eaf907-e18c-4b71-9e02-93f8d7b6c2f9>. [Přístup získán 06 02 2023].
- [32] „Resources,“ 3 2 2021. [Online]. Dostupné z: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/AND_LTS_Nov2021.pdf. [Přístup získán 14 1 2023].
- [33] „Energy,“ [Online]. Dostupné z: <https://www.gibraltar.gov.gi/environment/energy>. [Přístup získán 06 02 2023].
- [34] „Italy -Natural Gas & Renewable Energy,“ 26 11 2022. [Online]. Dostupné z: <https://www.trade.gov/country-commercial-guides/italy-natural-gas-renewable-energy>. [Přístup získán 04 02 2023].
- [35] „Portugal is ripe to be carbon neutral earlier, by 2045,“ 07 11 2022. [Online]. Dostupné z: <https://www.portugal.gov.pt/en/gc23/communication/news-item?i=portugal-is-ripe-to-be-carbon-neutral-earlier-by-2045>. [Přístup získán 29 01 2023].
- [36] „The Electricity Transmission Grid Planning with a 2026 horizon has been approved to drive a greener future for Spain,“ 22 03 2022. [Online]. Dostupné z: <https://www.ree.es/en/press-office/news/press-release/2022/04/the-electricity-transmission-grid-planning-2026-horizon-has-been-approved-to-drive-a-greener-future-for-spain>. [Přístup získán 27 01 2023].
- [37] „Česká energetika ve 21. století,“ [Online]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobni-zdroje/jaderna-energetika/jaderna-energetika-v-ceske-republice/nove-jaderna-zdroje/proc-nova-jaderna-elektrarna/ceska-energetika-ve-21.-stoleti>. [Přístup získán 09 02 2023].
- [38] „Czech Republic 2021,“ 09 2021. [Online]. Dostupné z: <https://www.iea.org/reports/czech-republic-2021>. [Přístup získán 23 04 2023].
- [39] „Hungary - Energy,“ 25 11 2022. [Online]. Dostupné z: <https://www.trade.gov/country-commercial-guides/hungary-energy>. [Přístup získán 09 02 2023].
- [40] „Nuclear power stations kept in service on a temporary basis,“ 19 10 2022. [Online]. Dostupné z: <https://www.bundesregierung.de/breg-en/news/nuclear-power-continued-operation-2135918>. [Přístup získán 15 1 2023].
- [41] „Foundation for a carbon-neutral economy,“ 18 7 2022. [Online]. Dostupné z: <https://www.bundesregierung.de/breg-en/news/petersberg-climate-dialogue-2022-2063148>. [Přístup získán 15 1 2023].
- [42] „Prospects for the eastern German coal regions,“ 2 9 2022. [Online]. Dostupné z: <https://www.bundesregierung.de/breg-en/news/chancellor-eastern-german-coal-states-2122692>. [Přístup získán 15 1 2023].
- [43] „Poland,“ 03 2022. [Online]. Dostupné z: <https://ember-climate.org/countries-and-regions/countries/poland/>. [Přístup získán 09 02 2023].
- [44] „AUSTRIA,“ [Online]. Dostupné z: https://energy.ec.europa.eu/system/files/2019-06/necp_factsheet_at_final_0.pdf. [Přístup získán 09 02 2023].

- [45] „Integrovaný národní energetický a klimatický plán na roky 2021 - 2030,“ 2019. [Online]. Dostupné z: <https://www.mhsr.sk/uploads/files/ljkPMQAc.pdf?csrt=12845751672711598186>. [Přístup získán 09 02 2023].
- [46] „Switzerland - Energy,“ 12 08 2022. [Online]. Dostupné z: <https://www.trade.gov/country-commercial-guides/switzerland-energy>. [Přístup získán 09 02 2023].
- [47] „International Trade Administration,“ 11 11 2021. [Online]. Dostupné z: <https://www.trade.gov/country-commercial-guides/belgium-energy>. [Přístup získán 09 02 2023].
- [48] „France - Energy (ENG),“ 03 02 2023. [Online]. Dostupné z: <https://www.trade.gov/country-commercial-guides/france-energy-eng>. [Přístup získán 09 02 2023].
- [49] „Nuclear Power in France,“ 02 2023. [Online]. Dostupné z: <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/france.aspx>. [Přístup získán 16 02 2023].
- [50] „Electricity,“ 07 02 2023. [Online]. Dostupné z: <https://www.gov.ie/en/policy-information/62d81a-electricity/>. [Přístup získán 09 02 2023].
- [51] „Netherlands - Energy,“ 09 09 2022. [Online]. Dostupné z: <https://www.trade.gov/country-commercial-guides/netherlands-energy>. [Přístup získán 09 02 2023].
- [52] „Net Zero Strategy: Build Back Greener,“ 10 2021. [Online]. Dostupné z: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1033990/net-zero-strategy-beis.pdf. [Přístup získán 09 02 2023].
- [53] „Římská smlouva (EHS),“ 14 3 2017. [Online]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/CS/legal-content/summary/treaty-of-rome-eec.html>. [Přístup získán 19 1 2023].
- [54] „Smlouva o založení Evropského společenství pro atomovou energii (Euratom),“ 19 10 2007. [Online]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=LEGISSUM:xy0024>. [Přístup získán 19 1 2023].
- [55] Úvod do liberalizované energetiky Trh s elektřinou, Praha: Asociace energetických manažerů, 2016.
- [56] M. Jegen, Energy policy in the European Union: The power and limits of discourse, Les Cahiers européens de Sciences Po., 2014.
- [57] G. M. T. Z. M. Kanellakis, „European energy policy—A review,“ Energy Policy, č. 62, pp. 1020-1030, 2013.
- [58] „Klimaticko-energetický rámec 2030,“ [Online]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/klimaticko_energeticky_ramec_2030. [Přístup získán 14 02 2023].
- [59] „Balíček „Fit for 55“,“ 12 01 2023. [Online]. Dostupné z: <https://www.consilium.europa.eu/cs/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>. [Přístup získán 14 02 2023].

- [60] „Neighbourhood-East,“ [Online]. Dostupné z: https://energy.ec.europa.eu/topics/international-cooperation/key-partner-countries-and-regions/neighbourhood-east_cs. [Přístup získán 16 02 2023].
- [61] M. Ciucci, „Vnitřní trh s energií,“ 09 2022. [Online]. Dostupné z: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/cs/sheet/45/vnitri-trh-s-energii>. [Přístup získán 29 04 2023].
- [62] „2020 climate & energy package,“ [Online]. Dostupné z: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2020-climate-energy-package_en. [Přístup získán 29 04 2023].
- [63] „Plán REPowerEU: cenově dostupná, bezpečná a udržitelná energie pro Evropu,“ 2022. [Online]. Dostupné z: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repowereu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe_cs. [Přístup získán 11 04 2023].
- [64] „International Energy Agency,“ [Online]. Dostupné z: https://energy.ec.europa.eu/topics/international-cooperation/international-organisations-and-initiatives/international-energy-agency_en. [Přístup získán 23 04 2023].
- [65] „World Energy Outlook 2006,“ 2006. [Online]. Dostupné z: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2006>. [Přístup získán 24 03 2023].
- [66] „Electricity demand,“ [Online]. Dostupné z: https://ourworldindata.org/grapher/electricity-demand?tab=chart&time=2006..latest&country=~OWID_WRL. [Přístup získán 31 03 2023].
- [67] „Electricity production by source,“ [Online]. Dostupné z: <https://ourworldindata.org/grapher/electricity-prod-source-stacked?time=2006..latest>. [Přístup získán 31 03 2023].
- [68] „Nuclear Power in Sweden,“ 03 2023. [Online]. Dostupné z: <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-o-s/sweden.aspx>. [Přístup získán 23 04 2023].
- [69] „World Energy Outlook 2010,“ 2010. [Online]. Dostupné z: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2010>. [Přístup získán 24 03 2023].
- [70] „Europe,“ 2022. [Online]. Dostupné z: <https://www.iea.org/regions/europe>. [Přístup získán 01 04 2023].
- [71] „Carbon Price Tracker,“ [Online]. Dostupné z: <https://ember-climate.org/data/data-tools/carbon-price-viewer/>. [Přístup získán 01 04 2023].
- [72] G. B. P. C. Giuseppe Costanzo, „Wind energy in Europe,“ 28 02 2023. [Online]. Dostupné z: <https://windeurope.org/intelligence-platform/product/wind-energy-in-europe-2022-statistics-and-the-outlook-for-2023-2027/>. [Přístup získán 01 04 2023].
- [73] „World Energy Outlook 2016,“ 2016. [Online]. Dostupné z: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2016>. [Přístup získán 24 03 2023].

- [74] „Energy Technology Perspectives 2020,“ 2020. [Online]. Dostupné z: <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2020>. [Přístup získán 01 04 2023].
- [75] „Renewable energy,“ [Online]. Dostupné z: <https://polarpedia.eu/en/renewable-energy/>. [Přístup získán 16 05 2023].
- [76] „Hydrogen Technologies,“ [Online]. Dostupné z: <https://www.ujv.cz/en/products-and-services-1/research-development/hydrogen-technology>. [Přístup získán 16 05 2023].
- [77] „About CCUS,“ 04 2021. [Online]. Dostupné z: <https://www.iea.org/reports/about-ccus>. [Přístup získán 11 04 2023].
- [78] „Carbon capture, use and storage,“ 12 2021. [Online]. Dostupné z: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/carbon-capture-use-and-storage_cs. [Přístup získán 11 04 2023].
- [79] „Carbon capture: What is it and how does it fight climate change?,“ 30 03 2023. [Online]. Dostupné z: <https://www.bbc.com/news/science-environment-64723497>. [Přístup získán 16 05 2023].
- [80] „Electrification,“ 09 2022. [Online]. Dostupné z: <https://www.iea.org/reports/electrification>. [Přístup získán 11 04 2023].
- [81] „Pokrok v oblasti konkurenceschopnosti technologií čisté energie,“ 26 10 2021. [Online]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=CELEX%3A52021DC0952>. [Přístup získán 10 03 2023].
- [82] „World Energy Outlook 2022,“ 2022. [Online]. Dostupné z: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>. [Přístup získán 07 05 2023].
- [83] „Carbon intensity of electricity,“ [Online]. Dostupné z: <https://ourworldindata.org/grapher/carbon-intensity-electricity?tab=chart®ion=Europe&country=~Europe>. [Přístup získán 07 05 2023].
- [84] „EU taxonomy for sustainable activities,“ 11 07 2022. [Online]. Dostupné z: https://finance.ec.europa.eu/sustainable-finance/tools-and-standards/eu-taxonomy-sustainable-activities_en. [Přístup získán 18 05 2023].
- [85] “Supply, Transformation and Consumption of Electricity.” *Eurostat - Data Browser*, 27 June 2024, ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_cb_e/default/table?lang=en.
- [86] “Final Energy Consumption in Households by Type of Fuel.” *Eurostat - Data Browser*, 24 May 2024, <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ten00125/default/table?lang=en>.
- [87] “Final Energy Consumption in Industry by Type of Fuel.” *Eurostat - Data Browser*, 24 May 2024, ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ten00129/default/table?lang=en.
- [88] “Final Energy Consumption in Transport by Type of Fuel.” *Eurostat - Data Browser*, 24 May 2024, ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ten00126/default/table?lang=en.

- [89] "Seznam Států Kontinentu Evropa Podle Počtu Obyvatel." *Seznam Států Kontinentu Evropa Podle Počtu Obyvatel | Zeměpis 24*, www.zemepis24.cz/kontinenty/evropa/staty-podle-populace. Accessed 2 July 2024.
- [90] "Iceland Electricity Net Consumption, 1949-2023." *Knoema*, knoema.com/atlas/Iceland/topics/Energy/Electricity/Electricity-net-consumption. Accessed 3 July 2024.
- [91] Iea. "Iceland - Countries & Regions." *IEA*, www.iea.org/countries/iceland/electricity. Accessed 3 July 2024.
- [92] "Island - Zemědělství, Rybolov, Těžba a Zpracování Surovin - Enviweb." *EnviWeb.Cz*, EnviWeb.cz, 18 Aug. 2013, www.enviweb.cz/96525.
- [93] *Tematický Atlas Severní Evropy*, is.muni.cz/th/fx4mz/Atlas_-_prakticka_cast.pdf. Accessed 18 Aug. 2024.
- [94] "Transport in Finland." *Wikipedia*, Wikimedia Foundation, 4 June 2024, en.wikipedia.org/wiki/Transport_in_Finland.
- [95] "Transport in Iceland." *Wikipedia*, Wikimedia Foundation, 24 June 2024, en.wikipedia.org/wiki/Transport_in_Iceland.
- [96] López, Ana M. "Nordics: Overnight Stays by International Tourists 2022." *Statista*, 5 June 2024, www.statista.com/statistics/921474/share-of-overnight-stays-of-foreign-tourists-in-the-nordics/.
- [97] "Belarus: Electricity Consumption 2004-2024 Time Series." *Belarus Electricity Consumption 2004 - 2024*, geographic.org/stats/belarus/belarus_electricity_consumption_time_series.html. Accessed 3 July 2024.
- [98] Iea. "Belarus - Countries & Regions." *IEA*, www.iea.org/countries/belarus/electricity. Accessed 3 July 2024.
- [99] "President of the Republic of Belarus." *In Belarus | Official Internet Portal of the President of the Republic of Belarus*, president.gov.by/en/belarus/economics/major-sectors. Accessed 3 July 2024.
- [100] "Economy of Moldova." *Encyclopædia Britannica*, Encyclopædia Britannica, inc., 1 July 2024, www.britannica.com/place/Moldova/Economy.
- [101] "Baltic States." *Encyclopædia Britannica*, Encyclopædia Britannica, inc., 1 July 2024, www.britannica.com/place/Baltic-states.
- [102] "Ceny v Ern Hoe." *Hospodstv Ern Hory*, cerna-hora.rovnou.cz/hospodarstvi.htm. Accessed 4 July 2024.
- [103] "Rail Transport in Belarus." *Wikipedia*, Wikimedia Foundation, 22 May 2024, en.wikipedia.org/wiki/Rail_transport_in_Belarus.
- [104] "Structure of Economy." *Invest in Estonia*, 26 Mar. 2024, investinestonia.com/business-in-estonia/estonian-economy/structure/.

- [105] “Economy of Latvia.” *Wikipedia*, Wikimedia Foundation, 3 July 2024, en.wikipedia.org/wiki/Economy_of_Latvia.
- [106] “Montenegro Industry Breakdown: Top Industries & Companies.” *HitHorizons*, www.hithorizons.com/eu/analyses/country-statistics/montenegro. Accessed 4 July 2024.
- [107] “Economy of Bulgaria.” *Encyclopædia Britannica*, Encyclopædia Britannica, inc., 4 July 2024, www.britannica.com/place/Bulgaria/Economy.
- [108] SemiColonWeb. “Romania’s Economy.” *Romania Economy – Fast Facts and Information*, www.romaniatourism.com/economy.html. Accessed 4 July 2024.
- [109] *Encyclopædia Britannica*, Encyclopædia Britannica, inc., 3 July 2024, www.britannica.com/place/Slovenia/Trade.
- [110] “Řecko.” *Zeměpis Cestovního Ruchu*, 29 Feb. 2016, zemepis-maturita.studentske.cz/2008/11/ecko.html.
- [111] “Malta.” *BusinessInfo.Cz*, 14 May 2024, www.businessinfo.cz/navody/malta-souhrnna-teritorialni-informace/2/.
- [112] PeopleForNet.cz. “Zemdelstv a PRMYSL:” *It, italie.svet-stranek.cz/nova-stranka-118487/*. Accessed 28 July 2024.
- [113] “Transport in Italy.” *Wikipedia*, Wikimedia Foundation, 19 July 2024, en.wikipedia.org/wiki/Transport_in_Italy.
- [114] “Švýcarsko.” *BusinessInfo.Cz*, 5 June 2024, www.businessinfo.cz/navody/svycarsko-souhrnna-teritorialni-informace/2/.
- [115] Council, The Federal. *Electricity Consumption down by 1.9% in 2022*, www.admin.ch/gov/en/start/documentation/media-releases.msg-id-94437.html. Accessed 28 July 2024.
- [116] “Switzerland Energy Information.” *Enerdata*, www.enerdata.net/estore/energy-market/switzerland/. Accessed 28 July 2024.
- [117] • *Final Electricity Consumption in Tonnes UK 2019 | Statista*, www.statista.com/statistics/554286/energy-final-consumption-electricity-uk/. Accessed 28 July 2024.
- [118] Published by Statista Research Department, and Jun 28. “UK: Electricity Consumption by User 2022.” *Statista*, 28 June 2024, www.statista.com/statistics/550592/uk-electricity-consumption-by-final-users/.
- [119] • *Total Electricity Consumption in Transport 2016 | UK Statistic*, www.statista.com/statistics/561869/electricity-consumption-in-transport-uk/. Accessed 28 July 2024.
- [120] Published by Statista Research Department, and Jun 28. “UK: Domestic Electricity Consumption 2023.” *Statista*, 28 June 2024, www.statista.com/statistics/323410/domestic-electricity-volumes-in-the-united-kingdom-uk/.

- [121] "Public Transport in Ireland." *Wikipedia*, Wikimedia Foundation, 16 July 2024, en.wikipedia.org/wiki/Public_transport_in_Ireland.
- [122] *Zempisn* *Web* Daniela Svobody, ostrava.educanet.cz/www/zemepis/vyuka/sexta/zapadni_evropa.htm. Accessed 28 July 2024.
- [123] "Nizozemsko." *BusinessInfo.Cz*, 12 July 2024, www.businessinfo.cz/navody/nizozemsko-souhrnna-teritorialni-informace/2/.
- [124] "Francie." *BusinessInfo.Cz*, 8 July 2024, www.businessinfo.cz/navody/francie-souhrnna-teritorialni-informace/2/.
- [125] "V Rumunsku Vzrostly Prodeje Elektromobilů v Roce 2020 O Šílených 89 %." *Elektrickévozy.Cz*, 19 Jan. 2021, elektrickévozy.cz/clanky/v-rumunsku-vzrostly-prodeje-elektromobilu-v-roce-2020-o-silenych-89.
- [126] Dashöfer, Verlag. "Spotřeba Energie V Domácnostech EU Byla V Roce 2022 Nejnížší Za 7 Let." Normy a Předpisy pro Výrobce, Distributory a Prodejce Energií. Teplárenství, Plynárenství, Elektroenergetika, Obnovitelné Zdroje., Eurostat (ec.europa.eu/eurostat/web/main/home), 5 June 2024, www.energetikainfo.cz/33/spotreba-energie-v-domacnostech-eu-byla-v-roce-2022-nejnizsi-za-7-let-uniqueidgOkE4NvrWuMF1Z1s5yTC1eMu6Yg1WWOSIY2IbnD30wM/?uri_view_type=4.
- [127] "Electricity and Gas: 64.5% of Industrial Final Energy Use." *Electricity and Gas: 64.5% of Industrial Final Energy Use - Eurostat*, 13 May 2024, ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20240513-1.
- [128] *Sci Verkehr: Silný Růst Elektrifikace Železnic V Evropě. | Železniční Zprávy*, cs.railmarket.com/news/infrastructure/10697-sci-verkehr-strong-growth-in-railway-electrification-in-europe. Accessed 1 Aug. 2024.
- [129] *Energy Consumption - Odyssee-Mure*, www.odyssee-mure.eu/publications/efficiency-by-sector/services/services-eu.pdf. Accessed 1 Aug. 2024.
- [130] "Market Data." *European Heat Pump Association*, 19 July 2024, www.ehpa.org/market-data/.
- [131] "Europe to Install 45 Million Heat Pumps in the Residential Sector by 2030." *Wood Mackenzie*, 4 Aug. 2022, www.woodmac.com/press-releases/europe-to-install-45-million-heat-pumps-in-the-residential-sector-by-2030/.
- [132] "Jak Zvýšit Využívání Alternativních Paliv V Automobilech: Témata: Evropský Parlament." *Témata / Evropský Parlament*, www.europarl.europa.eu/topics/cs/article/20221013STO43019/jak-zvysit-vyuzivani-alternativnich-paliv-v-automobilech. Accessed 8 Aug. 2024.
- [133] Mazzanti, Tommaso. "New ETC Report: Fossil Fuels in Transition." *Energy Transitions Commission*, 16 Nov. 2023, www.energy-transitions.org/new-report-fossil-fuels-in-transition/.
- [134] Fletcher, Charlie. "Hydrogen vs. Electric Cars: Comparing Innovative Sustainability." *Earth.Org*, Earth.Org, 16 Aug. 2022, earth.org/hydrogen-vs-electric-cars/.

- [135] Iea. "Trends in Electric Cars – Global EV Outlook 2024 – Analysis." *IEA*, www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024/trends-in-electric-cars. Accessed 18 Aug. 2024.
- [136] "World Power Consumption: Electricity Consumption." *Enerdata*, yearbook.enerdata.net/electricity/electricity-domestic-consumption-data.html. Accessed 19 Aug. 2024.
- [137] Collins, Leigh. "Hydrogen Will Provide up to 26% of EU's Final Energy Demand in 2050, but Is Unlikely to Be Used in Cars or Heating: Study." *Hydrogen Insight*, www.hydrogeninsight.com/analysis/hydrogen-will-provide-up-to-26-of-eus-final-energy-demand-in-2050-but-is-unlikely-to-be-used-in-cars-or-heating-study/2-1-1600670. Accessed 23 Aug. 2024.
- [138] Knop, Vincent. "A World of Energy - Hydrogen Compression." *A World Of Energy - Hydrogen Compression*, www.awoe.net/Hydrogen-Compression-General.html. Accessed 19 Aug. 2024.
- [139] Author links open overlay panelArtur Bauer a, et al. "Energetic Evaluation of Hydrogen Refueling Stations with Liquid or Gaseous Stored Hydrogen." *International Journal of Hydrogen Energy*, Pergamon, 19 Feb. 2019, www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360319919302198.
- [140] řidiče, Portál. "Spotřeba Elektromobilu Na 100 Km - Jaké Jsou Hodnoty?" *Portál Řidiče*, 14 Oct. 2022, www.portalridice.cz/clanek/spotreba-elektromobilu-na-100-km.
- [141] *Digitaloceanspaces*, cdn.ams3.cdn.digitaloceanspaces.com/files/2020_10_Company_cars_briefing.pdf. Accessed 25 Aug. 2024.
- [142] Iea. "Road Transport – Analysis." *IEA*, www.iea.org/reports/road-transport#dashboard. Accessed 29 Aug. 2024.
- [143] "Regional Insight – EU: Energy Economics: Home." *Bp Global*, bp global, www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/energy-outlook/country-and-regional-insights/european-union-insights.html. Accessed 23 Aug. 2024.
- [144] "Mobility Strategy." *Mobility and Transport*, transport.ec.europa.eu/transport-themes/mobility-strategy_en?prefLang=cs&etrans=cs. Accessed 22 Aug. 2024.
- [145] "Hydrogen." *Energy*, energy.ec.europa.eu/topics/energy-systems-integration/hydrogen_en?prefLang=cs. Accessed 22 Aug. 2024.
- [146] "Renovation Wave." *Energy*, energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/renovation-wave_en?prefLang=cs&etrans=cs. Accessed 22 Aug. 2024.
- [147] "Heat Pumps." *Energy*, energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/heat-pumps_en?prefLang=cs&etrans=cs. Accessed 22 Aug. 2024.
- [148] "EU Emissions in 1990–2019." *Fakta o Klimatu*, factsonclimate.org/infographics/emissions-eu-trends. Accessed 23 Sept. 2024.
- [149] Perez-Linkenheil, Carlos. "Update: Trends in Electricity Price Development - EU Energy Outlook 2050." *Energy BrainBlog*, 13 Feb. 2018, blog.energybrainpool.com/en/update-trends-in-electricity-price-development-eu-energy-outlook-2050/.

- [150] "Využití Vodíku v Automobilech." *DEVINN*, www.devinn.cz/blog/vyuziti-vodiku. Accessed 22 Aug. 2024.
- [151] Lepiř, Lukř; "Datová Centra Mohou Navřšit Poptávku Po Elektřině v EU Ař o 14 %, Vývoj V řr Je Nejistý." *oEnergetice.Cz*, oEnergetice.cz, 16 May 2024, oenergetice.cz/elektrina/datova-centra-mohou-navysit-poptavku-po-elektrine-v-eu-az-o-14-vyvoj-v-cr-je-nejisty.
- [152] Iea. "The Future of Rail – Analysis." *IEA*, www.iea.org/reports/the-future-of-rail. Accessed 24 Aug. 2024.
- [153] Tichý, Pavel. "Ve ZKRATCE." Česká Vodíková Technologická Platforma, 16 Feb. 2024, www.hytep.cz/o-vodiku/ve-zkratce.
- [154] *Digital Auto Report 2021 Vol. 1 / Strategy&*, www.strategyand.pwc.com/fr/fr/assets/pdf/2022/02/en-strategyand-digital-auto-report-2021.pdf. Accessed 28 Aug. 2024.
- [155] "AI Is Poised to Drive 160% Increase in Data Center Power Demand." *Goldman Sachs*, 14 May 2024, www.goldmansachs.com/insights/articles/AI-poised-to-drive-160-increase-in-power-demand.
- [156] Director Ember, Sarah Brown Europe Programme, et al. "European Electricity Review 2024." *Ember*, 29 Apr. 2024, ember-climate.org/insights/research/european-electricity-review-2024/#supporting-material.

Seznam obrázků a tabulek

Obr. 1 Podíl OZE na výrobě elektřiny v zemích EU (zdroj dat: [9])	9
Obr. 2 Vývoj výroby elektřiny jednotlivými zdroji v EU (převzato a upraveno z [9])	9
Obr. 3 Detailní vývoj procentuálního podílu jednotlivých zdrojů energie na výrobě elektřiny v Evropě (převzato a upraveno z [10])	10
Obr. 4 Grafické znázornění energetického mixu zemí severní Evropy v roce 2021 (zdroj dat: [12])	11
Tabulka 1 Energetický mix zemí severní Evropy v roce 2021 (zdroj dat: [12])	12
Obr. 5 Podíl obnovitelných zdrojů na výrobě elektřiny v zemích východní Evropy v roce 2021 (zdroj dat: [12])	13
Obr. 6 Grafické znázornění energetického mixu zemí východní Evropy v roce 2021 (zdroj dat: [12])	14
Tabulka 2 Energetický mix zemí východní Evropy v roce 2021 (zdroj dat: [12])	14
Obr. 7 Vývoj podílu elektřiny vyrobené z OZE v jihovýchodní Evropě mezi lety 2000 až 2021 (převzato a upraveno z [12])	15
Obr. 8 Grafické znázornění energetického mixu zemí jihovýchodní Evropy v roce 2021 (zdroj dat: [12, 30])	17
Tabulka 3 Energetický mix zemí jihovýchodní Evropy v roce 2021 část 1 (zdroj dat: [12, 30])	18
Tabulka 4 Energetický mix zemí jihovýchodní Evropy v roce 2021 část 2 (zdroj dat: [12])	18
Obr. 9 Grafické znázornění energetického mixu zemí jižní Evropy v roce 2021 (zdroj dat: [12])	20
Tabulka 5 Energetický mix zemí jižní Evropy v roce 2021 (zdroj dat: [12])	20
Obr. 10 Grafické znázornění energetického mixu zemí střední Evropy v roce 2021 (zdroj dat: [12])	22
Tabulka 6 Energetický mix zemí střední Evropy v roce 2021 (zdroj dat: [12])	22
Tabulka 7 Energetický mix zemí západní Evropy v roce 2021 (zdroj dat: [12])	24
Obr. 11 Podíl uhlí na výrobě elektřiny ve Velké Británii v letech 2000 až 2021 (převzato a upraveno z [10])	24
Obr. 12 Grafické znázornění energetického mixu zemí západní Evropy v roce 2021 (zdroj dat: [12])	25
Obr. 13 Grafické znázornění platnosti politických iniciativ a nařízení [8, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59]	26
Obr. 14 Infografika: Jak EU promítne klimatické cíle do právních předpisů [59]	32
Tabulka 8 Porovnání predikcí z referenčního scénáře WEO 2006 s dosavadním vývojem [12, 65, 66, 67]	37
Obr. 15 Grafické porovnání predikcí z referenčního scénáře WEO 2006 s dosavadním vývojem [12, 65, 66, 67]	38
Tabulka 9 Porovnání predikcí z alternativního scénáře WEO 2006 s dosavadním vývojem [12, 65]	39
Obr. 16 Grafické porovnání predikcí z alternativního scénáře WEO 2006 s dosavadním vývojem [12, 65]	39
Tabulka 10 Porovnání predikcí z WEO 2010 s dosavadním vývojem [12, 69]	40
Obr. 17 Grafické porovnání predikcí z WEO 2010 s dosavadním vývojem [12, 69]	40
Tabulka 11 Přehled predikcí z WEO 2016 [73]	42
Obr. 18 Obnovitelné zdroje energie (převzato a upraveno z [75])	44
Obr. 19 Schéma výroby a využití vodíku v energetice (převzato a upraveno z [76])	45

Obr. 20 Schéma fungování technologie CCS (převzato a upraveno z [79])	46
Obr. 21 Grafické znázornění výchozího energetického mixu Evropy v roce 2022.....	49
Obr. 22 Porovnání předpokládané uhlíkové intenzity výroby elektřiny v roce 2050 mezi jednotlivými scénáři [83].....	50
Tabulka 12 Porovnání míry pravděpodobnosti predikovaných scénářů	50
Obr. 23 Předpokládaný energetický mix Evropy v roce 2050 pro scénář Osamělé snahy v nejednotné Evropě	51
Obr. 24 Předpokládaný energetický mix Evropy v roce 2050 pro scénář Zelená EU	52
Obr. 25 Předpokládaný energetický mix Evropy v roce 2050 pro scénář Společná snaha, rozdílná technická realizace	54
Obr. 26 Předpokládaný energetický mix Evropy v roce 2050 pro scénář Selhání Zelené dohody pro Evropu.....	55
Obr. 27 Porovnání předpokládaného podílu obnovitelných zdrojů energie na výrobě elektřiny v roce 2050 mezi jednotlivými scénáři.....	56
Obr. 28 Porovnání předpokládaného podílu nízkouhlíkových zdrojů energie na výrobě elektřiny v roce 2050 mezi jednotlivými scénáři	57
Obr. 29 Porovnání předpokládaného podílu fosilních paliv na výrobě elektřiny v roce 2050 mezi jednotlivými scénáři	57
Obr. 30 Grafické znázornění spotřeby elektrické energie zemí severní Evropy v roce 2022 (zdroje dat: [85, 86, 87, 88, 90, 91]).....	60
Tabulka 13 Spotřeba elektrické energie zemí severní Evropy v roce 2022 (zdroj dat: [85, 86, 87, 88, 90, 91])	60
Obr. 31 Grafické znázornění spotřeby elektrické energie zemí východní Evropy v roce 2022 (zdroje dat: [85, 86, 87, 88, 97, 98]).....	61
Tabulka 14 Spotřeba elektrické energie zemí východní Evropy v roce 2022 (zdroj dat: [85, 86, 87, 88, 97, 98])	61
Obr. 32 Grafické znázornění spotřeby elektrické energie zemí jihovýchodní Evropy v roce 2022 (zdroje dat: [85, 86, 87, 88]).....	62
Tabulka 15 Spotřeba elektrické energie zemí jihovýchodní Evropy v roce 2022 (zdroj dat: [85, 86, 87, 88])	63
Obr. 33 Grafické znázornění spotřeby elektrické energie zemí jižní Evropy v roce 2022 (zdroje dat: [85, 86, 87, 88]).....	63
Tabulka 16 Spotřeba elektrické energie zemí jižní Evropy v roce 2022 (zdroj dat: [85, 86, 87, 88])	64
Obr. 34 Grafické znázornění spotřeby elektrické energie zemí střední Evropy v roce 2022 (zdroje dat: [85, 86, 87, 88, 115, 116]).....	64
Tabulka 17 Spotřeba elektrické energie zemí střední Evropy v roce 2022 (zdroj dat: [85, 86, 87, 88, 115, 116])	65
Obr. 35 Grafické znázornění spotřeby elektrické energie zemí západní Evropy v roce 2022 (zdroje dat: [85, 86, 87, 88, 117, 118, 119, 120]).....	66
Tabulka 18 Spotřeba elektrické energie zemí západní Evropy v roce 2022 (zdroj dat: [85, 86, 87, 88, 117, 118, 119, 120])	66
Obr. 36 Grafické znázornění vývoj emisí CO ₂ a predikce podle scénářů (převzato a upraveno z: [148]).....	68
Obr. 37 Grafické znázornění aktuální spotřeby elektřiny v Evropě pro rok 2022 (zdroje dat: [85]).....	69
Obr. 38 Grafická predikce v počtu nově instalovaných TČ za rok (zdroje dat: [131]).....	70

Tabulka 19 Spotřeba elektrické energie při výrobě a zpracování vodíku (zdroj dat: [138, 153])	70
Obr. 39 Grafické znázornění scénáře vodíkový budoucnosti v Evropě pro rok 2050	71
Obr. 40 Grafický vývoj počtu elektromobilů v Evropě do roku 2050 (převzato a upraveno z: [135])	72
Obr. 41 Grafické znázornění scénáře budoucnosti v elektromobilitě v Evropě pro rok 2050.	73
Obr. 42 Grafický předpoklad roční výroby elektrické energie pro scénář „Zelená EU“	76
Obr. 43 Grafický předpoklad spotřeby, výroby a importu elektrické energie pro scénáře „Vodíková budoucnost“ a „Zelená EU“ (převzato a upraveno z: [156])	77
Obr. 44 Grafický předpoklad roční výroby elektrické energie pro scénář „Společná snaha, rozdílná technologická realizace“	78
Obr. 45 Grafický předpoklad spotřeby, výroby a importu elektrické energie pro scénáře „Elektrická mobilita“ a „Společná snaha, rozdílná technologická realizace“ (převzato a upraveno z: [156])	79

Historie revizí

Rev.	Kapitola	Popis změny	Datum	Jméno
0	Všechny	Publikování dokumentu	27.9.2024	M. Vinš