

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra mezinárodních rozvojových a environmentálních studií



Diana Hetclová

Vývoj energetiky v Japonsku a její vliv na životní prostředí

Bakalářská práce

Vedoucí práce: doc. RNDr. Pavel Nováček, CSc.

Olomouc 2023

Bibliografické údaje

Jméno a příjmení autora:	Diana Hetclová
Název práce:	Vývoj energetiky v Japonsku a její vliv na životní prostředí
Typ práce:	Bakalářská
Jazyk:	Český
Pracoviště:	Katedra rozvojových a environmentálních studií
Studijní program:	Mezinárodní rozvojová a environmentální studia
Vedoucí práce:	doc. RNDr. Pavel Nováček, CSc.
Rok obhajoby:	2023
Klíčová slova:	Energetika, Japonsko, životní prostředí, emise skleníkových plynů, obnovitelné zdroje energie
Počet stran:	58

Abstrakt: Téma *Vývoj energetiky v Japonsku a její vliv na životní prostředí* se zaměřuje na historický vývoj energetického sektoru v Japonsku s aspektem vlivu na životní prostředí. Důraz je kladen zejména na energetiku po zemětřeseních a vlně tsunami v roce 2011, jejíž následkem byla havárie jaderné elektrárny Fukušima Daiči. Práce se zabývá nejen rozmístěním elektráren na souostroví, ale také různými druhy znečištění z energetiky, jako je například znečištění radioaktivními látkami nebo znečištění ovzduší, jehož zdrojem je vypouštění emisí skleníkových plynů při spalování fosilních paliv, které má vliv na globální oteplování. S tím jsou spojené i obnovitelné zdroje energie a vyvíjející se technologie, které mají pomoci v boji s klimatickou změnou. V neposlední řadě práce zjišťuje, jak si stojí Japonsko v plnění svých závazků *Kjótského protokolu, Pařížské dohody a Cílů SDGs*.

Bibliographic data

Author:	Diana Hetclová
Title:	Energy Development in Japan and Its Impact on the Environment
Type of thesis:	Bachelor
Language:	Czech
Department:	Department of Development and Environmental Studies
Study program:	International Development and Environmental Studies
Supervisor:	doc. RNDr. Pavel Nováček, CSc.
Year:	2023
Key words:	Energetics, Japan, environment, emissions of greenhouse gases, renewable energy sources
Number of pages:	58

Abstract: *Energy Development in Japan and Its Impact on the Environment* is focused on historical development of energetic industry sector in Japan with aspect of influence on environment. Main focus is put on energetics after the earthquake and tsunami wave incident in 2011 which resulted in breakdown of Fukushima Daichi nuclear power plant. This thesis examines not only the distribution of power plants on the archipelago but also various kinds of pollution, for instance radioactive pollution or air pollution from emissions of greenhouse gases that come from burning of fossil fuels which influence global warming. Connected to the issue of global warming are renewable resources and new technologies that are supposed to fight against the climate changes. This thesis is also looking into how Japan is abiding to *the Kyoto Protocol, Paris Agreement* and *Sustainable Development Goals*.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci *Vývoj energetiky v Japonsku a její vliv na životní prostředí* vypracovala samostatně. Veškerou knižní a elektronickou literaturu jsem uvedla v seznamu citovaných zdrojů.

V Olomouci, dne: 11.4.2023

.....

Diana Hetclová

Poděkování

Ráda bych poděkovala doc. RNDr. Pavlu Nováčkovi, CSc. za cenné rady a trpělivost při vedení mé bakalářské práce. Také bych chtěla poděkovat své rodině a nejbližším přátelům, kteří mi byli oporou po celou dobu psaní této práce.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Diana HETCLOVÁ**
Osobní číslo: **R200381**
Studijní program: **B0588A330001 Mezinárodní rozvojová a environmentální studia**
Téma práce: **Vývoj energetiky v Japonsku a její vliv na životní prostředí**
Zadávatel katedra: **Katedra rozvojových a environmentálních studií**

Zásady pro vypracování

Cílem bakalářské práce je popsat a zanalyzovat vývoj energetiky v Japonsku a její vliv na životní prostředí. Práce se zabývá historií výstavby elektráren a jejich polohou v rámci fyzické geografie ostrova. Dále je v práci zahrnuta energetická bezpečnost Japonska, rozvoj obnovitelných zdrojů energie a plnění Cílů udržitelného rozvoje OSN.

Rozsah pracovní zprávy: **10 – 15 tisíc slov**
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

JENÍČEK, Jaroslav, Jan WINKELHÖFER a Jiří FÁREK, 1975. *Japonsko*. Praha: ČTK-Pressfoto, 227 s.
SCOCCIMARRO, Rémi a Claire LEVASSEUR, 2020. *Atlas Japonska: éra křehkého růstu*. Přeložil Jitka DĚDICOVÁ. V Brně: Lingea, 1 atlas (95 stran). Zeměpisné atlasy. ISBN 978-80-7508-613-6.
CHEN, Wei-Ming, Hana KIM a Hideka YAMAGUCHI. Renewable energy in eastern Asia: Renewable energy policy review and comparative SWOT analysis for promoting renewable energy in Japan, South Korea, and Taiwan. *Energy Policy*[online]. November 2014, (Volume 74), 319-329. ISSN 0301-4215. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.08.019>
SHIMIZU, Teruyuki a Yasunori KIKUCHI. Regional suitability for energy carriers in Japan considering socioeconomic conditions and environmental performance. *Journal of Cleaner Production* [online]. 10 October 2021, (Volume 318). ISSN 0959-6526. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128461>
KLEIN, Catharina. Fossil fuels in Japan – statistics & facts. *Statista* [online]. Jun 8, 2021. Dostupné z: https://www.statista.com/topics/7989/fossil-fuels-in-japan/#topicHeader__wrapper
Japan. *IEA: International Energy Agency* [online]. Dostupné z: <https://www.iea.org/countries/japan>
Japan, 2022. *IHME: Institute for Health Metrics and Evaluation* [online]. Dostupné z: <https://www.healthdata.org/japan>

Vedoucí bakalářské práce: **doc. RNDr. Pavel Nováček, CSc.**
Katedra rozvojových a environmentálních studií

Datum zadání bakalářské práce: **17. května 2022**

Termín odevzdání bakalářské práce: **12. dubna 2023**

L.S.

doc. RNDr. Martin Kubala, Ph.D.
děkan

doc. RNDr. Pavel Nováček, CSc.
vedoucí katedry

V Olomouci dne 17. května 2022

Obsah

Seznam použitých grafů	10
Seznam použitých zkratk.....	11
Ediční poznámka.....	13
Úvod.....	14
Cíle práce a použité metody	15
1 Japonsko a energetika	16
1.1 <i>Geografie Japonského souostroví.....</i>	16
1.2 <i>Vývoj energetiky.....</i>	17
1.2.1 <i>Období mezi lety 1886–1938</i>	17
1.2.2 <i>Období mezi lety 1939–1950</i>	18
1.2.3 <i>Období od roku 1951</i>	19
1.2.4 <i>Zvrat po katastrově ve Fukušimě.....</i>	22
2 Energetika	26
2.1 <i>Energetická politika.....</i>	26
2.2 <i>Energetická bezpečnost</i>	26
2.3 <i>Energetický mix po Fukušimě</i>	27
2.4 <i>Přenosová síť a její hlavní problémy</i>	30
2.5 <i>Energetická soběstačnost.....</i>	31
3 Zelené energie	32
3.1 <i>Rozvoj obnovitelných zdrojů energie</i>	32
3.2 <i>Stagnace výroby vodní a geotermální energie</i>	33
3.3 <i>Potenciál ostrova.....</i>	33
4 Klíčové technologie.....	35
4.1 <i>Technologie CCUS.....</i>	35
4.2 <i>Budoucnost energie z vodíku.....</i>	35
4.3 <i>Energie moře</i>	35
5 Rozložení elektráren v rámci fyzické geografie ostrova	37

5.1	<i>Jaderné elektrárny</i>	37
5.2	<i>Geotermální elektrárny</i>	37
5.3	<i>Spalovací elektrárny</i>	37
5.4	<i>Elektrárny na obnovitelné zdroje energie</i>	38
6	Vliv energetiky na životní prostředí	39
6.1	<i>Znečištění vod</i>	39
6.2	<i>Znečištění půdy</i>	39
6.3	<i>Znečištění ovzduší</i>	40
7	Plnění cílů	42
7.1	<i>Kjótský protokol</i>	42
7.2	<i>Pařížská dohoda</i>	44
7.3	<i>Cíle udržitelného rozvoje OSN</i>	45
	Diskuse	47
	Závěr	50
	Zdroje	52
	<i>Knižní zdroje</i>	52
	<i>Články</i>	52
	<i>Webové stránky</i>	53
	<i>Přílohy</i>	57

Seznam použitých grafů

Graf 1: Procentuální rozložení výroby elektrické energie dle zdrojů (energetický mix) mezi lety 2010–2021	28
Graf 2: Závislost na dovozu primárních zdrojů energie za období 2010–2019	29
Graf 3: Vývoj produkce elektrické energie z obnovitelných zdrojů od roku 1993–2021	32
Graf 4: Vývoj produkce a spotřeby elektrické energie na obyvatele a celkových emisí CO ₂ ekv. za období 2002–2014.....	41
Graf 5: Vývoj emisí skleníkových plynů a výroby el. energie za období 1990–2019	43

Seznam použitých zkratek

AEC	<i>Atomic Energy Commission</i> Komise pro atomovou energii
BWR	<i>Boiling Water Reactor</i> Varný reaktor
CCUS	<i>Carbon capture, utilisation and storage</i> Zachycování, využití a skladování uhlíku
COP3	<i>Conference of the Parties</i> Konference OSN o změně klimatu
FBR	<i>Fast Breeder Reactor</i> Rychlý množivý reaktor
FEPC	<i>The Federation of Electric Power Companies of Japan</i> Japonská federace energetických společností
GCR	<i>Gas-Cooled Reactor</i> Plynem chlazený reaktor
IEA	<i>The International Energy Agency</i> Mezinárodní agentura pro energii
INES	<i>The International Nuclear Event Scale</i> Mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných událostí
JAEA	<i>Japan Atomic Energy Agency</i> Japonská agentura pro atomovou energii

METI	<i>Ministry of Economy, Trade and Industry</i> Ministerstvo hospodářství, obchodu a průmyslu
NSC	<i>Nuclear Safety Commission</i> Komise pro jadernou bezpečnost
OSN	Organizace spojených národů
SDGs	<i>Sustainable Development Goals</i> Cíle udržitelného rozvoje
TEPCO	<i>Tokyo Electric Power Company</i> Tokijská elektrárnská společnost
TWh	terawatt-hodina
WNA	<i>World Nuclear Association</i> Světová jaderná asociace

Ediční poznámka

K přepisu japonských měst jsem použila českou transkripci. Výjimkou jsou japonské názvy společností a organizací vyznačené kurzívou, kde jsem zachovala anglickou transkripci a následný český překlad.

Úvod

Energetika se podílí na tvorbě našeho životního prostředí a patří mezi jedno z nejvíce diskutovaných témat dnešní doby. Tyto otázky jdou ruku v ruce s problematikou změny klimatu, kterou v dnešní době hojně řeší nejenom veřejnost, ale také politici. Na jak dlouho se můžeme spoléhat na spalování fosilních paliv? Jaký jiný zdroj energie budeme využívat, abychom snížili množství skleníkových plynů v atmosféře? Jsou všechny zdroje energie natolik bezpečné, abychom si planetu nezničili ještě rychleji? Na otázky tohoto typu je třeba hledat odpovědi a následně jednat. Snaží se o to také Japonsko. Jedna z ekonomických velmocí, která i přes to, že je v současnosti jedním z technologických gigantů, bojuje s několika zásadními nedostatky. Mezi ně patří závislost na dovozu primárních zdrojů energie, vysoké množství vypuštěných emisí skleníkových plynů do atmosféry, páté nejvyšší ve světě, nebo nedostatečné využití potenciálu v obnovitelných zdrojích energie.

Téma jsem zvolila hlavně kvůli nynější globální energetické situaci a neustále rostoucí hrozbě překročení kritické úrovně oteplení v následujících několika letech. Nicméně pojem energetika zahrnuje řadu odvětví jako například výrobu elektrické energie a tepla nebo těžbu nerostných surovin. Všechny zmíněné odvětví jsou nedílnou součástí energetické bezpečnosti Japonska a lze na nich analyzovat, jakým směrem v průběhu let směřovala. Samotné souostroví není ovlivňováno pouze tektonickou činností, která s sebou nese ohrožení obyvatelstva a infrastruktury, ale také klimatickou změnou, se kterou jsou spojeny vzestupy hladin oceánů, extrémní sucha i přivalové deště a následné povodně.

K boji s klimatickou změnou mají nejvíce pomoci známé *Cíle udržitelného rozvoje OSN (SDGs)*, mezi které patří sedmý cíl o *Dostupných a čistých energiích* nebo také *Kjótský protokol*, s cílem snížit emise skleníkových plynů o 5,2 %, a na něj navazující *Pařížská dohoda* se záměrem udržet globální oteplení pod hranicí 1,5 °C. Ve všech zmíněných dohodách hraje Japonsko, jakožto pátý největší producent skleníkových plynů na světě, nemalou roli v řešení nynější situace. Otázkou tedy zůstává, zda jsou tyto ustanovení dodržována. Je vůbec možné, aby se společnost závislá na dovozu primárních zdrojů energie přeměnila na uhlíkově neutrální společnost?

Cíle práce a použité metody

Hlavním cílem této bakalářské práce je analyzovat, jakým směrem se formovala energetika Japonska a jaký má vliv na životní prostředí. Důraz je kladen na zhodnocení environmentálních hazardů, kterým musí ostrovy čelit současně s energetickou bezpečností, a na objasnění otázky plnění cílů *SDGs*, podmínek *Kjótského protokolu* a *Pařížské dohody*. Dále je pozornost věnovaná zasažené oblasti prefektury Fukušima, kde cílím na objasnění události, a následným regionálním i globálním dopadům. V úvodní části je proto nejdříve přiblížena základní geografie Japonských ostrovů, které jsou svou polohou jedinečné, a následně je rozebrán historický vývoj energetiky od výstavby první elektrárny v Japonsku po současnost.

Pro vypracování bakalářské práce je použita rešeršně-kompilační metoda, při které jsem vyhledávala informace o japonské energetice, a zaměřila jsem se výhradně na výrobu a distribuci elektrické energie v souvislosti s životním prostředím. Po kompletaci převážně anglických literárních zdrojů jsem potřebné údaje a informace zanalyzovala a následně interpretovala. Ke zpracování veškerých poznatků jsem využívala knihy v tištěné i elektronické podobě, odborné články a webové stránky *FEPC*, *WNA*, *OSN*, *Japonského ministerstva životního prostředí* a *METI*. Ke zhodnocení statistických údajů jsem používala výhradně statistiky *Climate Watch* a společnosti *British Petroleum*, která měla dostupná data pro jednotlivé oblasti energetiky až z roku 1965. Jednotlivé cíle a limity jsou proto přepočítány z hodnot *British Petroleum*.

1 Japonsko a energetika

1.1 Geografie Japonského souostroví

Japonské souostroví se nachází ve východní části asijského kontinentu a je typické svým obloukovým tvarem. Na celém souostroví, které tvoří čtyři hlavní velké ostrovy (od severu Hokkaidó, Honšú, Šikoku a Kjúšú) a tisíce menších, se rozprostírá stát Japonsko, který je konstituční monarchií. Kvůli velmi vysoké hustotě zalesnění, které činí přibližně 70 %, a hornatosti, která tvoří 71 % země, je Japonsko na prvních příčkách v hustotě zalidnění. To s sebou nese značný tlak na dodávky elektřiny a na celý ostrov, který je geologicky velmi rozmanitý. (Tisovský, 1986, str. 5–8)

Souostroví je obklopeno ze severu Ochotským mořem, ze západu Japonským a Východočínským mořem a z jihu a východu Tichým oceánem. Současně se nachází v oblasti „Ohnivého kruhu“, který je specifický zemětřeseními a vulkanickou činností. Jedná se tedy o jednu z tektonicky nejaktivnějších zón na světě. V této oblasti se střetává Euroasijská, Severoamerická, Filipínská a Pacifická deska, a právě díky subdukci, tedy podsouvání Pacifické litosférické desky pod Severoamerickou a Filipínskou, dochází k zemětřesením a občasným mohutným vlnám tsunami. Právě tyto kolize formovaly současnou podobu ostrovů, které jsou, jak už bylo řečeno, velmi hornaté a vulkanicky aktivní. Nicméně stejně jako na Islandu i zde vznikly stovky termálních pramenů, ze kterých může Japonsko těžit nejenom pro léčebné a rekreační účely, ale také pro energetické využití. (Tisovský, 1986, str. 8 a 13–15)

Mimo přírodních katastrof se musí Japonsko vypořádat i s nedostatkem nerostných surovin, který dělá ze země s jednou z největších ekonomik světa zemi, která je závislá na dovozu nerostných surovin ze zahraničí. Zásoby, které má Japonsko na svém území, jsou skromné a často nekvalitní. Příkladem je černé uhlí, které se vyskytuje hlavně v částech Honšú, Kjúšú a na západě ostrova Hokkaidó. (Tisovský, 1986, str. 16)

Co se týče vodstva, je Japonsko charakteristické spíše kratší, ale za to hustší říční sítí. Pro energetické účely mají vodní elektrárny velký potenciál, a to hlavně díky velkému spádu řek. Ty musí ze své počáteční vysoké nadmořské výšky urazit relativně krátkou vzdálenost. Jde tedy o velký poměr poklesu výšky a vzdálenosti. Jen pro představu nejdelší řeka Japonska Šinano, která ústí do japonského moře, měří 367 km a pramení na úpatí hory Koboši v Japonských Alpách v nadmořské výšce 2475 m n.m (Gurňák et al., 2014, str. 357). (Tisovský, 1986, str. 16–17)

Japonsko se rozděluje na východní a západní část, stejnému rozdělení podléhá i distribuční soustava, kdy severní hranice prochází mezi městem Tojama a jižní hranice městem Nagoja. Administrativní členění je rozděleno na regiony, jimiž jsou Čúgoku, Hokkaidó, Hokuriku, Kantó, Kinki, Kjúšú, Kóšin, Okinawa, Šikoku, Tóhoku a Tókai. Regiony jsou pak dále děleny na prefektury, kterých je 47. (Scoccimarro et al., © 2020, str. 10–17)

1.2 Vývoj energetiky

Japonský energetický průmysl se musel vypořádat s mnohými nepříznivými podmínkami jako například s hornatostí ostrovů, slabými surovinovými zdroji a nespočtem válek. Všechny tyto faktory formovaly současný energetický stav celé země. V následující kapitole jsem rozdělila historický vývoj energetiky do čtyř období, a to na začátky energetiky a období před druhou světovou válkou (1886–1938), dále na druhou světovou válku a dobu těsně po ní (1939–1950), následně na období po roce 1951 a v neposlední řadě popisují éru po havárii v elektrárně Fukušima Daiči, tedy po 11. březnu 2011. (Kikkawa, 2012, str. 1–3)

1.2.1 Období mezi lety 1886–1938

Zahájení činnosti první soukromé elektrárny v Japonsku, která využívala jako zdroj uhlí, se datuje do roku 1887, tedy už pět let po postavení vůbec první elektrárny na světě. Jednalo se o soukromou společnost *Tokyo Electric Lighting*, založenou v roce 1883, která nejdříve napájela veřejné osvětlení a posléze pomáhala továrnám s přesunem z parního stroje na elektřinu. Továrnám tak odpadly starosti se získáváním a dovozem potřebných surovin pro pohánění parního stroje. To bylo náročné, jak z důvodu nízkého surovinového bohatství na ostrovech, tak i kvůli náročnému převozu způsobenému velmi členitou strukturou ostrova. Tyto dva faktory mohly být hlavními hybateli v rychlém budování nových elektráren po celé zemi. Těch bylo do roku 1896 třicet tři. Společnost *Tokyo Electric Lighting* nezajišťovala pouze stavbu a provoz elektráren, ale také instalovala elektrické generátory po celých ostrovech, zejména pro společnosti zabývající se předemím bavlny a pro nově vzniklé společnosti na výrobu elektrického osvětlení. Pro poslední zmíněné společnosti byly instalovány generátory například v městech Kóbe, Kjóto, Jokohama nebo ostrově Hokkaidó. Do roku 1899 společnost *Tokyo Electric Lighting* ovládala společnosti elektrického osvětlení ve všech devíti regionech kromě Okinawy, a stala se tak hlavním tahounem japonské energetiky. V této době však byly ceny za elektrickou energii vysoké a samotná energie směřovala pouze do továren. (Hein, 1990, str. 41–45; Kikkawa, 2012, str. 4–15)

Na počátku 20. století došlo v Japonsku k zahájení provozu větších vodních i spalovacích elektráren a současně bylo založeno 33 energetických společností, jež si mezi sebou velmi silně konkurovaly. Samotná konkurence došla až do stádia, kdy někteří obyvatelé Tokia měli dva dodavatele elektrické energie, a to pro různé části domu. Zavedení dálkového přenosu elektrické energie, a právě silná konkurence s sebou nesla výrazné zlevnění elektrické energie. To mělo za následek zvýšení poptávky v řadách veřejnosti a elektrifikaci v domácnostech. Tomuto rozvoji předcházelo prudké zdražení uhlí, které bylo způsobené začátkem rusko-japonské války, jež započala v únoru 1904 a trvala do září 1905. Japonsko tak muselo reagovat na růst cen a začít investovat do rozvoje jiného zdroje energie. Toto období vývoje energetiky bylo zaměřeno na rozvoj vodní energie, která byla dominantní. Po ní následovala energie z uhlí a rozšiřování přenosové sítě z důvodu umístění vodních elektráren mimo oblasti měst. Proto bylo potřeba zajistit přenos na delší vzdálenosti, než tomu bylo doposud. Současně nastal problém v období zimy, kdy byl nedostatek vody v řekách, a Japonsko tak využívalo daleko více energii z uhlí. Dále pak vodní elektrárny, které byly budovány v odlehlých lokalitách, potřebovaly kvalifikovanou údržbu. Pracovníci, kteří se o chod elektrárny starali, byli v energetických společnostech velmi vážení a veřejnost na ně nahlížela jako na lidi s prestižním zaměstnáním. Po první světové válce došlo v japonském energetickém průmyslu k restrukturalizaci a bylo rozpuštěno 700 elektrických společností, které následně vytvořily pět velkých elektrických společností. Jednalo se o *Tokio Electric Light Company*, *Toho Electricity Company*, *Daiho Electricity Company*, *Ujigawa Electricity Company* a *Nippon Electricity Company*, lídry v sektoru elektroenergetiky, jež dosáhli úspěchu zejména díky vysokým půjčkám prováděných v zahraničí, které jim zajistily vysoký kapitál. (Hein, 1990, str. 41–45; Kikkawa, 2012, str. 4–15)

1.2.2 Období mezi lety 1939–1950

V průběhu druhé světové války bylo všech 33 společností seskupeno do *Nippon Hassoden Kabushiki Gaisha*¹ a devíti distribučních společností. Celý elektroenergetický průmysl byl v té době řízen státem, ale vlastněn soukromě. Vláda tak mohla regulovat ceny pro spotřebitele dotacemi, které vyplácela právě seskupeným společnostem. Dodávky materiálu pro energetický průmysl byly značně znevýhodněny. V průběhu válečných let neměl tento sektor žádnou

¹ Národní společnost vyrábějící a přenášející energii

přednost pro dodávky náhradních dílů, které byly potřebné pro opravy zejména spalovacích elektráren. (Hein, 1990, str. 46 a 53)

Nedostatek kvalifikované pracovní síly, která musela v průběhu druhé světové války odejít na frontu, nedostatek materiálu pro opravy, zejména pak chybějící dráty vedení, které se využívaly pro výrobu munice, a návrat šesti milionů demobilizovaných vojáků ze zahraničí, kteří s sebou nesli zátěž pro distribuční síť² v podobě poptávky po elektrické energii, ještě více prohloubili energetickou propast, která dopadla na Japonsko. Optimismus přinášel fakt, že vodní elektrárny neutrpěly výrazné škody, a to díky budování na odlehlých místech. Samotné bombardování v průběhu války cílilo zejména na města. Nicméně vodní elektrárny musely čelit jiné hrozbě a to záplavám, které byly způsobené odlesňováním horských svahů a následnými sesuvy půdy. (Hein, 1990, str. 53–54)

Vlastní zdroje surovin, které mělo Japonsko ještě před druhou světovou válkou, se razantně snížily po jejich hojném využívání během války. Vrcholu dosáhla těžba uhlí mezi lety 1940–1943. Dovoz nerostných surovin tak musel zesílit. Největšími dovozci byla Čína (oblast Mandžusko), Korea a Rusko (oblast Sachalin). Nicméně v roce 1946 musely být zavedeny přiděly spotřeby elektrické energie, a to z důvodu převýšení poptávky elektřiny nad výrobou. Domácnosti, které dříve využívaly dřevo a uhlí, začaly přecházet na levnější elektřinu, kvůli drahému uhlí. Uhelné elektrárny, se zvyšujícími se nároky na výrobu elektřiny, nebyly schopny sehnat ze zahraničí více uhlí, aby uspokojily tuzemský trh, i přes snížení spotřeby uhlí v domácnostech. (Hein, 1990, str. 57–78)

1.2.3 Období od roku 1951

V roce 1951 došly problémy s nedostatečnou dodávkou elektrické energie až do stádia, kdy musely továrny vydržet dva dny v týdnu bez jakýchkoliv dodávek energie. Bylo tedy zřejmé, že je potřeba, aby energetický průmysl expandoval a investoval do nových staveb elektráren. (Hein, 1990, str. 72)

Situace v elektroenergetickém průmyslu byla po druhé světové válce v Japonsku velmi napjatá a velkým tématem byla demokratizace ekonomiky. Řešením bylo založení devíti společností, které byly v soukromém vlastnictví. Došlo k tomu 1. května 1951 a jde o Hokkaidó,

² Soustava pro distribuci elektrické energie od výrobce po spotřebitele.

Tóhoku, Tokio, Čúbu, Hokuriku, Kansai, Čúgoku, Šikoku a Kjúšú, jakožto společnosti odpovědné za regionální dodávky elektřiny. Tato struktura funguje až do dnes. Došlo pouze k připojení Okinawy v roce 1972. (Kikkawa, 2012, str. 2; FEPC, 2015a)

O postavení první jaderné elektrárny se rozhodlo už v roce 1955, i když prosazení i přes vidinu snížení závislosti na dovozu nerostných surovin nebylo vůbec jednoduché. Japonci, kteří i po deseti letech měli v paměti shození atomových bomb *Little Boy* a *Fat Man* na města Hirošimu na Nagasaki, nejdříve postavení jaderné elektrárny nechtěli. Nicméně v témže roce byl přijat zákon, který velmi závazně omezuje využití jaderné energie pouze pro mírové účely. Je označován jako „*The Atomic Energy Basic Law*“, tedy základní zákon o atomové energii. Současně byly zřízeny Komise pro atomovou energii *AEC*, Komise pro jadernou bezpečnost *NSC*, Agentura pro výzkum atomové energie (*The Science and Technology Agency*), Společnost pro jaderné palivo (*The Atomic Fuel Corporation*, později bylo přejmenováno na *PNC*) a Japonská agentura pro atomovou energii *JAEA*. (Scoccimarro et al., © 2020, str. 58; WNA, 2023)

I přes počáteční naději ve 20. letech 20. století, kdy dominovala vodní energie jako hlavní zdroj, činila v roce 1965 pouze 76,1 TWh³ z celkové výroby elektrické energie. Tato hodnota výroby vodní energie je stabilní do dnes. Nicméně stavba první jaderné elektrárny začala v roce 1961 a její provoz byl spuštěn 25. července 1966. V témže roce produkce dosáhla 0,6 TWh. (British Petroleum, © 1965–202)

Avšak jako první byl v roce 1963 postaven prototyp varného reaktoru *BWR*. Jedná se o reaktor s mírně obohaceným palivem o uran, který je ve formě tabletek oxidu uraničitého, uspořádan do palivových tyčí, a jehož dalším typickým znakem je voda, která slouží jako chladiivo pro reaktor i jako moderátor samotného reaktoru (Skupina ČEZ, 2023). Ten slouží v reaktoru jako zpomalující látka měnící neutrony, které při štěpení nabírají rychlosti, na pomalé uvolňující teplo. Tento reaktor měl sloužit jako zkušební pro následný výzkum v oblasti jaderné energetiky. (WNA, 2023)

Jak už bylo řečeno, v roce 1966 byl spuštěn provoz první jaderné elektrárny v Japonsku Tokai 1, která sloužila až do roku 1998 (WNA, 2023). Zde byl využit plynem chlazený reaktor

³ TWh (10¹² Wh) je jednotka energie pro měření spotřeby elektřiny

(*GCR, Magnox*). Je zde také jako palivo využít přírodní kovový uran ve formě tyčí pokrytých oxidem magnezia. Oproti reaktoru BWR je moderátorem grafit, kterým prochází kanály s palivovými tyčemi a chladivem je oxid uhličitý. (Skupina ČEZ, 2023) Ve stejném roce, tedy v roce 1966, byl zahájen i provoz první geotermální elektrárny Macukawa v prefektuře Tóhoku na severu Japonska (GRSJ, 2020).

K jednomu z největších zlomů došlo v roce 1973, kdy nastal ropný šok a Japonsko se snažilo snížit závislost na dovozu primárních zdrojů energie ze zahraničí. Jedním z opatření byl projekt *Sunshine* organizovaný *METI*, který započal v roce 1974. Hlavní myšlenkou projektu bylo podpořit obnovitelné zdroje energie a doplnit tak japonský energetický mix. Samotný projekt je složen z částí jako solární, geotermální a tepelná energie z uhlí. Nicméně v energetickém mixu spotřeby energie se podpora obnovitelných zdrojů energie po tom, co směřoval větší podíl financí do sektoru solární energie, nijak výrazně neprojevila. Její podíl byl i po deseti letech po zavedení programu *Sunshine* tak nepatrný, že ve statistických údajích je nezaznamenán. Znatelné využití solární energie nastalo až na začátku 90. let, kdy celková roční výroba elektrické energie činila méně než 1 TWh. Například v České republice, byla tato hodnota dosažena až v roce 2004. Nicméně i tak se Japonsko drželo trendu vývoje a výstaveb tohoto zdroje mezi prvními státy ve světě a následovalo USA, které začaly produkovat elektrickou energii jako první v roce 1983, následované v roce 1984 Velkou Británií a v roce 1989 Portugalskem, Itálií a Španělskem. V prvním zaznamenaném roce, tedy 1990, začalo v Asii generovat elektrickou energii z obnovitelných zdrojů nejenom Japonsko, ale také technologické velmoci jako Jižní Korea a Čína. (British Petroleum, © 1965–2021; Takahashi, 1989, str. 87–89; Scoccimarro et al., © 2020, str. 59–61)

Současně byla ještě v roce 1974 v reakci na ropnou krizi založena Mezinárodní energetická agentura *IEA*, poskytující analýzy, data a doporučení v otázce řešení situací, jež mají pomoci členským zemím. Japonsko se stalo zakládajícím členským státem a může využívat například hodnocení energetické politiky,⁴ které je pravidelně vytvářené pro každý jednotlivý stát. (IEA, 2021a)

⁴ Energy Policy Review

Důležitým krokem byla v březnu 2002 ratifikace *Kjótského protokolu*⁵ k *Rámcové úmluvě OSN o změně klimatu*⁶, který byl přijat v prosinci 1997 a má za cíl snížení emisí skleníkových plynů nejméně o 5,2 %. Japonsko tak spoléhalo na svou rozsáhlou základnu jaderných elektráren, které mu měly pomoci ke snížení emisí skleníkových plynů a měly zvýšit produkci jaderné energie až o 30 %. V červnu téhož roku byl také schválen zákon o energetické politice, který zavedl základní principy pro stabilní dodávky elektřiny a energetickou bezpečnost. V listopadu pak byla zavedena daň z uhlí a ropy, která měla zajistit lepší složení energetického mixu a zajistit plnění cílů *Kjótského protokolu*. (WNA, 2023)

V roce 2005 byl přednesena vize pro jadernou energetiku *Komisi pro atomovou energii* (JAEC). Jejím cílem bylo navýšení podílu jaderné energie v energetickém mixu Japonska na 30–40 %. V té době byl podíl spotřeby jaderné energie 25,95 %. (WNA, 2023)

1.2.4 Zvrat po katastrofě ve Fukušimě

Nikdo však neočekával zvrat, který nastal právě 11. března 2011, kdy došlo na severovýchodním pobřeží hlavního ostrova Honšú, v regionu Tóhoku, k mohutnému zemětřesení. To mělo za následek ničivou vlnu tsunami, která dosahovala v některých místech výšky až 40 metrů (National Geographic, 2023; WNA, 2023). Došlo tak k poškození čtyř bloků reaktoru v jaderné elektrárně Fukušima Daiči (též označovaná jako Fukušima I), nacházejících se v jižní části elektrárny, a k velkému úniku radiace. (WNA, 2023)

Dle mezinárodní stupnice *INES* je havárie způsobená vyřazením chlazení a napájení hodnocena číslem 7 neboli velmi těžká havárie s následkem úniku radioaktivního materiálu, který má dopad na životní prostředí a zdraví lidí. Jedná se tak o nejvyšší stupeň závažnosti, který mohou elektrárny dostat. Stejně hodnocení má i havárie v Černobyli. (INES, Překlad vydání z roku 2001)

V době, kdy udeřilo zemětřesení, se automaticky vyply všechny jaderné bloky⁷, které se nacházely v zasažené oblasti. V té době se jednalo o 11 aktivních reaktorů. Nicméně i přes odolnost vůči zemětřesení nikdo nepočítal s překročením vlnolamů, přes které se přelila 15metrová vlna tsunami. Tato událost odhalila značné nedostatky, které měla společnost

⁵ The Kyoto Protocol

⁶ United Nations Framework Convention on Climate Change

⁷ Jaderný blok je označení pro jaderný reaktor a jeho součásti.

TEPCO, vlastník elektrárny, napravit. Kdyby se tak stalo, nemuselo by dojít k již zmíněnému přelítí vlny přes poddimenzované vlnolamy a následnému odstřižení elektrárny od zdroje napájení, náhradních generátorů a čerpadel pro chlazení reaktoru mořskou vodou, které byly špatně umístěny a následně zaplaveny. Tím došlo k přehřátí tří reaktorů, které se následně částečně roztavily, a k explozi čtvrtého. K odstávce došlo u bloků 1–4 Fukušima Daiči. Následně docházelo k razantnímu útlumu jaderné energie a společnost začala tomuto zdroji nedůvěřovat. (Scoccimarro et al., © 2020, str. 64; WNA, Aktualizováno 2022)

Avšak samotná událost s sebou nesla i pozitivní obraty v japonské energetice. Došlo k rychlému rozvoji obnovitelných zdrojů energie. Hodnoty výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů⁸ z roku 2011, dosahující 31,0 TWh, se za následující čtyři roky zdvojnásobily na hodnoty 68,2 TWh. Nicméně k tomuto rozvoji došlo díky velké podpoře vývoje solární energie a její velmi rychlé a jednoduché instalaci, zejména na kontaminovaných rýžových polích v prefektuře Fukušima, které by jinak ležely ladem. Jen tato energie se podílela v roce 2014 na 23,5 TWh z celkové výroby 1062,7 TWh. U větrné energie došlo ke zvýšení v již zmíněných letech z 4,5 TWh na 5,0 TWh, u geotermální energie a biomasy z 21,1 TWh na 23,6 TWh. Do roku 2014 pak bylo spuštěno sedm nových geotermálních elektráren z celkových 26. (British Petroleum, © 1965–2021; GRSJ, 2020; Scoccimarro et al., © 2020, str. 60–61; WNA, Aktualizováno 2022)

Aby prefektura Fukušima napravila svou reputaci, nastavila si velmi ambiciózní cíl, kterým je pokrytí její veškeré spotřeby elektrické energie pouze z obnovitelných zdrojů. Toho má být dosaženo do roku 2040, hlavně za pomoci solárních elektráren na již zmíněných rýžových polích a také vodních elektráren. Tyto dvě složky jsou nyní klíčové pro stanovené cíle, o kterých bylo rozhodnuto v roce 2012. Už po osmi letech po zahájení procesu se prefektura nachází na 40 % pokrytí spotřeby a má tak velké šance dosáhnout stanovených 100 %. (Fukushima Revitalization, 2018)

V dubnu 2014 byla přijata strategie označovaná jako *4. strategický energetický plán*⁹, která uvádí, že klíčovým zdrojem bude i nadále jaderná energie. Pomocí má s poskytnutím stabilních a cenově přijatelných dodávek elektřiny a se snížením emisí skleníkových plynů.

⁸ Data z British Petroleum nezahrnují vodní energii mezi obnovitelné zdroje energie, ta je počítána zvlášť.

⁹ 4th Strategic Energy Plan

Důraz bude kladen na bezpečnost, využití a ukládání jaderného paliva a vývoj a výzkum rychlých reaktorů *FBR*. Ty jsou poháněny plutoniem ve směsi oxidu plutoničitého PuO_2 a oxidu uraničitého UO_2 s tekutým sodíkem jako chladičem (Skupina ČEZ, 2023). Za další možnosti výroby energie jsou považovány geotermální a vodní energie, které jsou však oproti jiným obnovitelným zdrojům omezené. Zdroje jako uhlí a zemní plyn jsou levné, avšak neztotožňují se s cílem snížení emisí CO_2 . Nicméně je lze považovat za zdroje, které by mohly doplňovat výpadky při výrobě z obnovitelných zdrojů, jež jsou závislé na mnohých vnějších faktorech. Tento plán se označuje jako „3E“, tedy energetická bezpečnost, ekonomická účinnost a environmentální udržitelnost. (IEA, 2021b, str. 26; WNA, 2023)

V červnu 2015 byl schválen *Plán výroby elektřiny do roku 2030*¹⁰, který stanovil zvýšení výroby jaderné energie na 20-22 %, pokrytí 22-24 % obnovitelnými zdroji a 53 % fosilními palivy. Snížila by se tak závislost na fosilních palivech, jež v roce 2015 činila kolem 83,9 % celkové výroby elektřiny, a byla by tak zaručena větší energetická soběstačnost. (WNA, 2023)

V listopadu 2016 Japonsko ratifikovalo *Pařížskou dohodu*¹¹, která navazuje na *Kjótský protokol*. Zavázalo se ke snížení emisí skleníkových plynů o 46 % do roku 2030 v porovnání s rokem 2013 a k pokračování vývoje nových technologií v oblasti energetiky a životního prostředí. Nadále tak chce hrát významnou roli v boji proti klimatické změně. (MOFA, 2016)

V červenci 2018 prošel schvalovacím procesem *5. strategický energetický plán*¹², jenž zahrnoval stejné rozložení výroby dle zdrojů jako *Plán výroby elektřiny do roku 2030* a vycházel ze zkušeností z nehody v roce 2011. Označuje se „3E plus S“, kdy 3E přebírá z předešlého plánu a přidává otázku bezpečnosti. Je tedy patrné, že Japonci na atomovou energii nezaněvřeli a uvědomují si její klíčové postavení v cestě za energetickou soběstačností a stabilitou. (IEA, 2021b, str. 26; WNA, 2023)

Následující *6. strategický energetický plán*¹³, schválený v říjnu 2021, se stále drží stejných nároků na jadernou energii, jako tomu bylo v předchozích letech. Od minulého plánu z roku 2015 se výroba jaderné energie zvýšila z 4,5 TWh na 61,2 TWh, je tedy patrné, že se daří postupně obnovovat výrobu v uzavřených elektrárnách a současně stavět nové bloky reaktorů.

¹⁰ Plan for Electricity Generation to 2030

¹¹ The Paris Agreement

¹² 5th Strategic Energy Plan

¹³ 6th Strategic Energy Plan

Nicméně plán klade větší důraz na obnovitelné zdroje energie, u kterých je cílem zvýšení podílu z minulých 22–24 % na 36–38 %. Podíl výroby elektrické energie z fosilních paliv by klesl na přibližně 21 %. Zároveň se počítá s 1% využitím vodíku pro výrobu elektřiny. (WNA, 2023)

V roce 2022 vydala Japonská vláda zprávu o cíli dosáhnout dekarbonizace. Tato zpráva, nazývaná *Strategie čisté energie*¹⁴, má za cíl snížit o 46 % emise skleníkových plynů do roku 2030 a následně dosáhnout uhlíkové neutrality do roku 2050 bez toho, aby byl zbrzděn ekonomický a technologický růst země. Japonsko chce i v této zprávě dosáhnout dekarbonizace za pomoci obnovitelných zdrojů energie a zejména pak jaderné energie. Nicméně k tomu, aby se společnost takto rychle proměnila a začala využívat zelenou energii, bude zapotřebí obrovské množství soukromých i veřejných investic, které budou směřovat nejen do tuzemska, ale také do zahraničí, na podporu zvýšení produkce elektrické energie a zavádění technologií pro snížení vypouštění CO₂ do atmosféry nebo jeho ukládání. Tím by měl být částečně eliminován dopad na životní prostředí, který má Japonsko při svých nárocích na zabezpečení energetické bezpečnosti. (JapanGov, 2022)

¹⁴ Clean Energy Strategy

2 Energetika

2.1 Energetická politika

Energetická politika, jakožto kompletní souhrn oblastí, zahrnuje témata jako primární zdroje energie, environmentální a klimatické dopady a energetická bezpečnost. S touto jsou spojené otázky kolem dostupných cen energií pro odběratele a zajištění dostatečné, kvalitní a spolehlivé distribuční sítě, jež musí vydržet i za nepříznivých podmínek, jako je například špatné počasí. V neposlední řadě zahrnuje oblast energetické účinnosti, tedy eliminace plýtvání energií jakožto elektrické energie i ostatních vedlejších produktů, které elektrárny vyrobí. Jednou z vedlejších forem výroby elektrické energie je zejména energie tepelná, která může být používána pro vytápění domácností a firem. (Tosun, 2022)

Po více než deseti letech po březnové havárii z roku 2011, se Japonsko navrácí k vizi energetiky, která je udržitelná a silná. Z toho je patrné, že potřeba Japonců napravit svou reputaci je velká. Lze to vidět na již zmíněném rychlém a ambiciózním rozvoji obnovitelných zdrojů v prefektuře Fukušima. Nicméně i přes snahu vlády a energetických společností postupně obnovovat činnost odstavených jaderných bloků, aby byla snížena potřeba dovozu primárních zdrojů energie ze zahraničí na co nejnižší, není kapacita výroby dostačující a bude třeba zrychlit proces obnovy a výstavby nových jaderných bloků nebo obnovitelných zdrojů energie. Proto bude třeba vynaložit velké množství úsilí a financí, aby bylo dosaženo cíle, který si Japonsko stanovilo, a to stát se uhlíkově neutrálním státem do roku 2050. (IEA, 2021b, str. 34–36; Scoccimarro et al., © 2020, str. 59)

K dosažení tohoto cíle mají pomoci i finance, které budou pocházet například z klimatických daní. Ty budou směřovány také do sektoru obnovitelných zdrojů energie, kde bude podporován výzkum nových i současných technologií, a budování nových elektráren, které budou splňovat podmínky uhlíkově neutrálního Japonska. (IEA, 2021b, str. 27–36)

2.2 Energetická bezpečnost

Dle dokumentu vytvořeného *Rozvojovým programem OSN* je energetická bezpečnost chápána jako dostupnost energie, která není přerušena a je zajištěna pomocí různých druhů elektráren, které zajistí stabilitu sítě a uspokojí zvyšující poptávku. Je proto velmi důležité nespolehat se pouze na jediný druh výroby, jelikož při špičkových odběrech, jež nastávají v době nejvyšší poptávky u spotřebitele, může zvýšenou spotřebu doplnit zdroj s rychlým

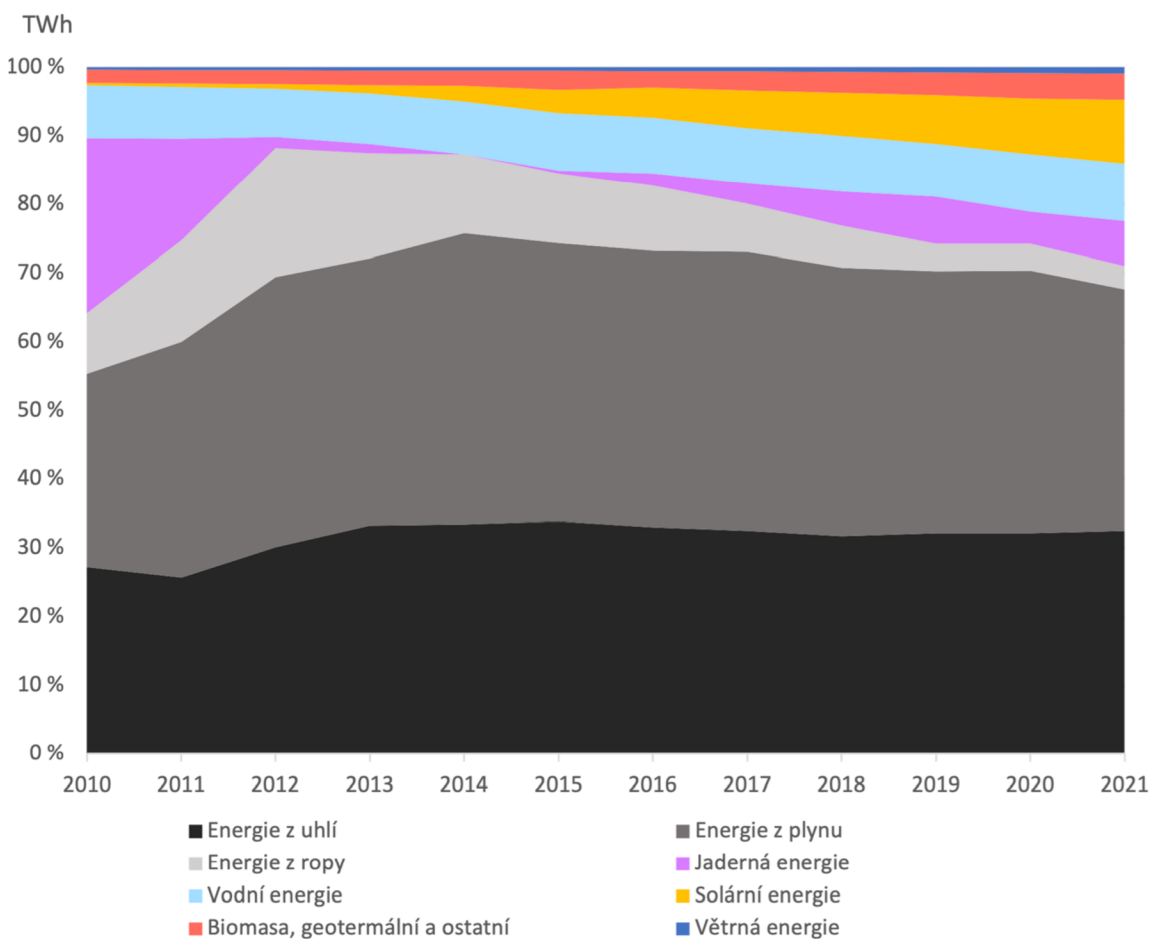
náběhem výroby. Pokud by se japonská společnost spoléhala pouze na jadernou energii, mohl by nastat výpadek právě v době špičkového odběru, který je v ranních a večerních hodinách. Proto je ideální doplňovat zdroje energie, které mají pomalejší náběh výroby ve špičkách i v době poklesu poptávky, zpravidla v nočních hodinách, zdroji, jež rychle a efektivně doplní elektrickou energii do distribuční sítě, která je nerovnoměrně zatížena. Vhodné je tedy stále pracující jaderné a spalovací elektrárny, u kterých je regulace výroby technologicky i finančně náročná, doplňovat o vodní elektrárny. Jejich prvním benefitem je velmi rychlý náběh výroby a distribuce do sítě. Druhým je schopnost spotřeby elektrické energie u přečerpávacích elektráren, jež při přetížení sítě, které vzniká převážně v nočních hodinách, kdy jaderné a spalovací elektrárny produkují stejné množství elektřiny bez dostatečného odběru, samy spotřebovávají elektrickou energii pro přečerpání vody do vyšších míst. V posledních letech je rozdíl mezi poptávkou během dne a noci stále větší. Kvůli využití skoro všech možných lokalit pro výstavbu vodních elektráren na řekách se začaly budovat převážně přečerpávací elektrárny. Pro potřeby regulace v síti jsou stejně jako vodní vhodné i větrné elektrárny, ty jsou ovšem závislé na počasí stejně jako solární elektrárny, které zase fungují v závislosti na ročním období a délce slunečního svitu. Nicméně pro japonskou energetickou bezpečnost není dostačující pouze schopnost regulace výroby elektrické energie v tuzemsku, ale zejména zajištění dodávek zahraničních primárních zdrojů. (World Energy Assessment, 2000, str. 112)

Jak již bylo zmíněno, na Japonských ostrovech se nenachází dostatečné zdroje nerostných surovin, Japonci tak musí čelit energetické výzvě, která zahrnuje zajištění dodávek primárních zdrojů energie ze zahraničí, návrat k jaderné energii a její zabezpečení, snížení emisí skleníkových plynů, snížení negativního vlivu na životní prostředí a vývoj spjatý s rozvojem obnovitelných zdrojů energie. Dle dostupných údajů ze statistiky *British Petroleum* (© 1965–2021) je Japonsko na pátém místě ve spotřebě primární energie ve světě od roku 2009. V témže roce obsadily první čtyři příčky Čína, USA, Rusko a Indie, která předběhla ve spotřebě Japonsko a v roce 2015 i Rusko. Je tedy patrné, jak velký tlak je kladen na japonskou energetiku, která musí pokrýt dodávky pro necelých 126 miliónů obyvatel jedné z největších ekonomik světa (The World Bank, 2023).

2.3 Energetický mix po Fukušimě

Největší ohrožení energetické bezpečnosti nastalo po havárii ve Fukušimě, kdy byl částečně eliminován na několik dalších let jaderný energetický sektor (Graf 1), který měl ještě v roce 2010 podíl 25,3 % z celkové tuzemské výroby energie. V následujícím roce se podíl

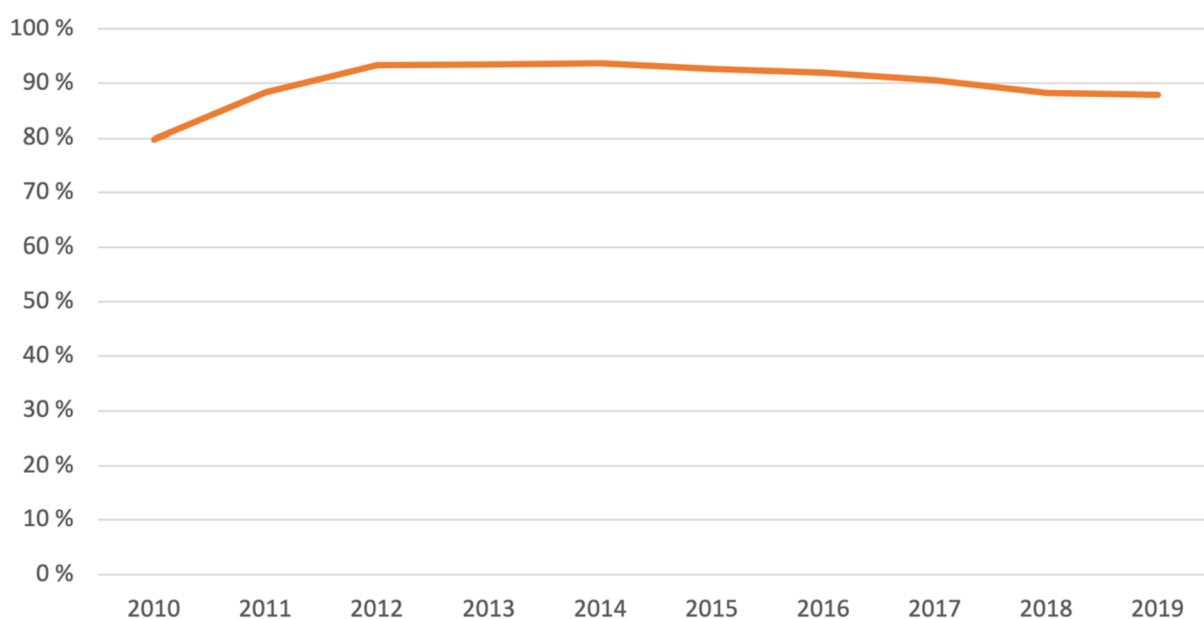
snížil na 14,8 % a v následujícím roce až na 1,6 %. Nicméně i když má jaderná energie celkově malý podíl, všechny finance, které se ušetří při nákupu fosilních paliv ze zahraničí, mohou být využity např. ve vývoji nových zdrojů. Po havárii byli spotřebitelé ovlivněni vysokými cenami, které byly a jsou nestabilní, kvůli vysokému procentu závislosti na dodávkách primárních zdrojů energií ze zahraničí. (British Petroleum, © 1965–2021)



Graf 1: Procentuální rozložení výroby elektrické energie dle zdrojů (energetický mix) mezi lety 2010–2021
(British Petroleum, © 1965–2021)

Příčinou byl vzrůst cen za energie pro spotřebitele, který byl následkem náhle potřeby snížit ztrátu v dodávkách elektřiny, jež do té doby zajišťovala jaderná energie. Nutností bylo využití nejrychlejšího náhradního zdroje, tedy využití fosilních paliv a zvýšení dodávek elektrické energie ze zahraničí, který byl schopný pokrýt poptávku bez potřeby budování nových elektráren. V roce 2012 bylo Japonsko dle dostupných zdrojů z METI (2022a) závislé na dodávkách primárních zdrojů energie ze zahraničí z 93,3 % (Graf 2), což značí velkou zranitelnost energetické bezpečnosti a s tím spjaté spoléhání se na včasnou a dostatečnou dodávku elektrické energie a kolísání cen na trhu energií. Toto období je také označováno jako

Národní energetická bezpečnostní krize. Reakcí bylo i budování bezpečnostních opatření v jaderných elektrárnách a zejména v seismických aktivních zónách. Příkladem je elektrárna Hamaoka v prefektuře Šizuoka, u které byly posunuty dieselové generátory do výšky 25 metrů nad mořem a umístěny až za hlavní budovu, anebo vybudování vyššího vlnolamu, dosahujícího výšky 22 metrů nad mořem a délky 1,6 km. Další elektrárna Tomari v regionu Hokkaidó postavila hráz o výšce 6,5 metrů nad mořem a délce 1,4 km. Do prosince roku 2022 měla být zhotovena ochranná hráz pro Tokai 2 v prefektuře Ibaraki. (Vivoda, 2014, str. 2–7; WNA, 2023)



Graf 2: Závislost na dovozu primárních zdrojů energie za období 2010–2019 (METI, 2022a)

Z dlouhodobého pohledu využití spalování fosilních paliv byla ještě v 80. letech ropa, i přes nedávnou ropnou krizi, nejdominantnějším zdrojem. Japonsko si začalo uvědomovat závažnosti situace a už kolem roku 1997 vystřídal ropu, jakožto hlavní zdroj pro spalovací elektrárny, zemní plyn. Po Fukušimské havárii bylo jádro nahrazeno převážně ropou. Ta činila 18,6% podíl v energetickém mixu za rok 2012, kdy byla nejvíce využita, oproti 8,8 % za rok 2010. Tento nárůst měl pokrýt mezeru v nedostatku energie a nebyl brán jako dlouhodobé řešení ani kvůli velkému množství emisí skleníkových plynů, jež jsou se spalováním ropy spojeny. Nejlepším typem mezi spalovacími elektrárnami je proto využití zemního plynu, který spalováním vypouští méně znečišťujících látek než ropa nebo uhlí. Od roku 2012 dochází k úpadku ropy jakožto paliva pro výrobu elektrické energie. Poměr z roku 2012, při kterém spotřeba uhlí zastupovala 29,9 %, ropa 18,6 % a zemní plyn 38,9 %, se dostal na spotřebu uhlí

z 29,6 %, které se drží dlouhodobě na přibližně stejných číslech, ropy z 3,1 % a zemního plynu z 32 % k roku 2021. (British Petroleum, © 1965–2021; Vivoda, 2014, str. 2–7; WNA, 2023)

2.4 Přenosová síť a její hlavní problémy

Všeobecně je přenosová síť jedním z hlavních témat japonské politiky, se kterou byly v minulosti nemalé problémy. Po ropné krizi v 70. letech, kdy bylo nejdůležitější zajistit jakékoli dodávky elektřiny a rozumné ceny, které by byly snesitelné pro občany, následovala rána v podobě havárie ve Fukušimě, kdy se k řešeným tématům přidala otázka jaderné bezpečnosti. Další zatěžkávací zkouškou prošlo Japonsko v letech 2018 a 2019, kdy v důsledku zemětřesení a tajfunů došlo ke značnému narušení dodávek elektrické energie, jež mělo dlouhodobý charakter. (IEA, 2021b, str. 139–140; METI, 2022b; Motoshige, 2012)

V reakci na to bylo do *6. strategického energetického plánu* zahrnuto opatření, které má napravit chyby vzniklé nedostatečnou kapacitou a odolností energetické přenosové soustavy. Řešení má předejít budoucímu problému s plánovaným masivním rozvojem obnovitelných zdrojů energií, které jsou připojovány do energetické sítě, jež by nebyla schopna pojmou vyrobenou elektřinu a dopravit ji na požadovaná místa. Dalším z problémů je také rozdělení Japonska na dvě distribuční sítě s odlišnými frekvencemi, které brání v plynulé dodávce napříč regiony. Západní strana, pod kterou spadají energetické oblasti Čúbu, Čúgoku, Hokuriku, Kansai, Kjúšú, Okinawa a Šikoku, funguje na 60 Hz a východní s oblastmi Hokkaidó, Tóhoku, Tokio na 50 Hz. Se založením těchto deseti energetických oblastí, řízených jednotlivými společnostmi (viz kapitola 1.2.3), vznikly i oblastní distribuční sítě, jejichž účelem bylo zajištění dodávek elektřiny pouze pro prefektury, ve kterých působila daná energetická společnost. Kvůli chybějící jednotné celostátní distribuční síti musí být řešen rozdíl frekvencí pomocí tří frekvenčních měničů, Sakuma a Higaši Šimizu v prefektuře Šizuoka a Šin-Šinano v prefektuře Nagano, aby byla pokryta národní poptávka po elektřině. Problém byl umocněn hlavně po události v roce 2011, kdy byly odstaveny jaderné elektrárny devíti energetických provozovatelů, kromě Okinawy, které byly schopny poskytnout stabilní dodávky elektrické energie pro své oblasti. (IEA, 2021b, str. 139–140; METI, 2022b; Motoshige, 2012)

Proto budou realizovány projekty, které zmodernizují a propojí nejen regionální soustavy, ale také jednotlivé ostrovy, aby se zvýšila odolnost distribuční sítě. Tyto změny však zaberou delší dobu, a to z důvodu rozsáhlosti sítě, jež dosahuje délky 179 000 km. Většina vedení, přibližně 85 %, je vedena venkovními kabely. Nicméně i když vezmeme v potaz rychlou

instalaci a snadný přístup k poškozeným místům, nejedná se z hlediska seizmicky aktivního souostroví o dobré umístění. Častá zemětřesení mohou mít za následek narušení statiky vedení, které v krajině není nijak chráněno. Oproti tomu 15% zastoupení podzemního vedení s sebou nese větší jistotu odolnosti proti mechanickému poškození, což znamená nižší poruchovost a nižší potřebu oprav a údržeb. (IEA, 2021b, str. 139–140; METI, 2022b; Motoshige, 2012)

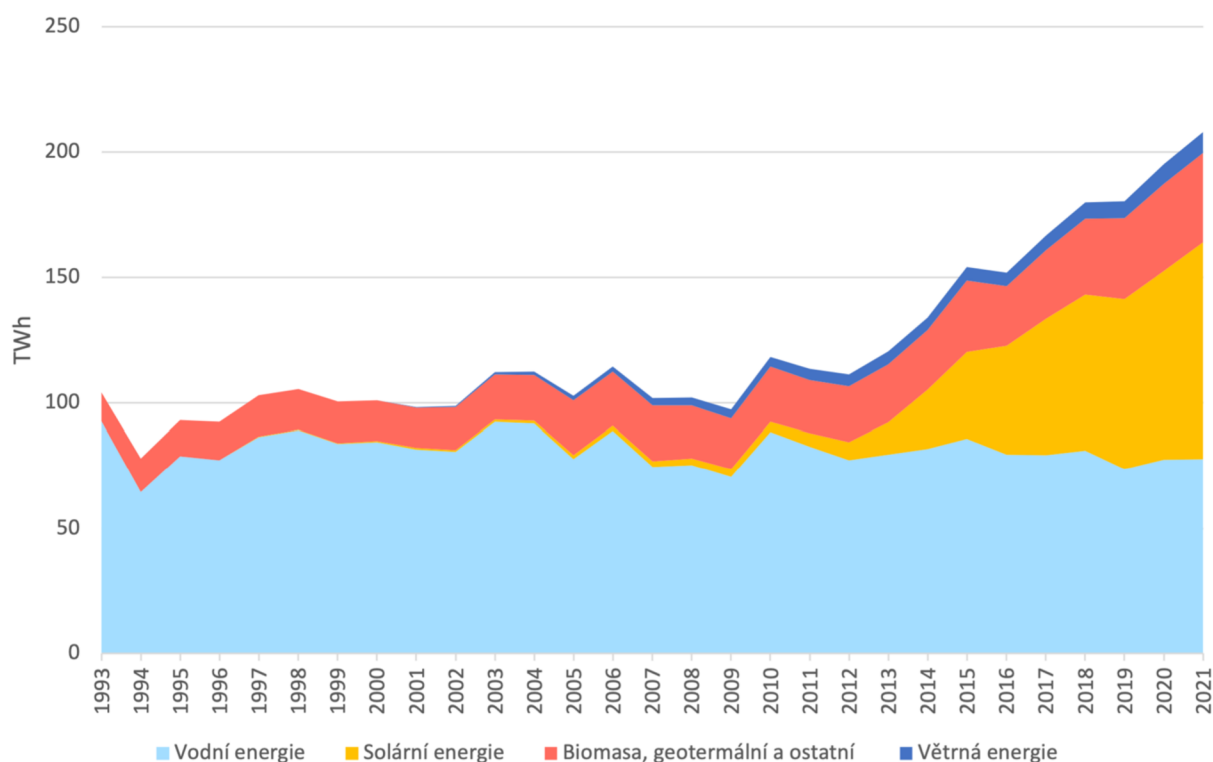
2.5 Energetická soběstačnost

Energetická soběstačnost se pomalu navrácí na hodnoty před rokem 2011. Dle dostupných informací z *METI* (2022a), činila hodnota závislosti na dovozu v roce 2019 87,9 %. Oproti tomu v roce 2010 činila nesoběstačnost 79,8 %. To stejné platí i pro hodnoty emisí skleníkových plynů, kterým se bude věnovat převážně kapitola 6.3. Současně chce vláda začít postupně vyřazovat neefektivní uhelné elektrárny, a dosáhnout tak lepší účinnosti do roku 2030. To by však znamenalo odstavení 100 aktivních elektráren ze 140 současně provozovaných. Je tedy patrný trend ožívování energetické politiky. (IEA, 2021b, str. 26–31)

3 Zelené energie

3.1 Rozvoj obnovitelných zdrojů energie

K největšímu rozmachu obnovitelných zdrojů energie došlo po roce 2011, kdy bylo potřeba nahradit již miněnou odstávku jaderné energie. V roce 2014 bylo cílem dosáhnout podílu výroby 22–24 %, což bylo o sedm let později posunuto na rozmezí 36–38 %. V současnosti se složka obnovitelných zdrojů pohybuje kolem 23–26 %, tedy na hodnotách, kterých chtělo Japonsko dosáhnout pár let po Fukušimské havárii. Když rozebereme požadovaný podíl relativních hodnot do roku 2030, stanovený roku 2021, tedy 38 %, měla by být vodní energie zastoupena 11 %, solární 14–16 %, větrná 5 % a geotermální a biomasa 6 %. V dnešní době se pohybujeme přibližně na hodnotách 7,6 % vodní energie, 8,5 % solární, 0,8 % větrné a 3,5 % geotermální s biomasou. (British Petroleum, © 1965–2021; METI, 2022a)



Graf 3: Vývoj produkce elektrické energie z obnovitelných zdrojů od roku 1993–2021 (British Petroleum, © 1996–2023)

3.2 Stagnace výroby vodní a geotermální energie

U vodní energie už dlouhodobě nedochází k nárůstu výroby z důvodu maximálního možného využití potenciálu řek. Nicméně i přes dlouhodobou stagnaci se jedná o pátý nejdůležitější zdroj výroby elektrické energie a zároveň se nyní podílí na 38 % výroby z obnovitelných zdrojů. Avšak tento relativní podíl byl ještě v roce 2010 kolem 73 %. Trend poklesu v rozložení energetického mixu výroby zapříčinil rozvoj solární energie. Příložený Graf 3 tento pokles nezobrazuje, jelikož zde byly využity kumulativní hodnoty. (British Petroleum, © 1965–2021; IEA, 2021b, str. 91–96)

Hned po vodní energii je druhým dlouhodobě stabilním zdrojem geotermální energie, která přispívala v roce 2021 do energetické mixu 35,8 TWh. Od roku 1966, kdy byla zprovozněna první geotermální elektrárna na souostroví, se do přelomu tisíciletí rozeběhlo dalších 18 elektráren. V tomto období byly postaveny tři největší geotermální elektrárny v Japonsku, Hatčobaru s instalovaným výkonem 112 MW na ostrově Kjúšú, Kakkonda s 80 MW v prefektuře Iwate a Sumikawa s 50 MW v prefektuře Akita. Avšak posilování nových geotermálních elektráren je velmi náročné kvůli tomu, že se 80 % elektráren nachází v národních parcích. Vláda se snaží zrychlit proces schvalování nových lokalit, aby mohl tento zdroj energie pomoci dosáhnout dekarbonizaci průmyslu. (British Petroleum, © 1965–2021; GRSJ, 2020; IEA, 2021b, str. 91–96; METI, 2022a)

3.3 Potenciál ostrova

Už z prvního pohledu na umístění Japonska na mapě světa, je zřejmé, že má mnohem větší možnosti využití obnovitelných zdrojů energie než Česko, které nemá přístup k moři. Nicméně v samotném hodnocení potenciálu souostroví se mohou výsledky šetření lišit.

Největší potenciál obnovitelných zdrojů energie byl identifikován v regionech Hokkaidó, Tóhoku, Tokio, Kjúšú a Čúbu. Na těchto územích se jedná především o potenciál v agrovoltaice, tedy ve dvojím využití zemědělské půdy. Tento způsob hospodaření s sebou nese mnoho pozitivních vlastností například ochranu plodin a hospodářských zvířat před slunečním zářením a teplem, díky čemuž nedochází k tak vysokému odparu vody z půdy a celkové snížení spotřeby vody. V agrovoltaice by se mělo nacházet kolem 4328 TWh roční výroby elektřiny ze všech forem fotovoltaiky. To by měl být v porovnání se solární výrobou z roku 2021, tedy 86,3 TWh, padesáti násobek současné solární produkce. Nicméně tento potenciál je brán z pohledu kompletního využití půdy v Japonsku, proveditelné hodnoty jsou

daleko menší s ohledem na jiné využití. (British Petroleum, © 1965–2021; Cheng et al., 2022, str. 8–16)

Dalším zdrojem s vysokým potenciálem je větrná energie na moři, který je zesílen díky geografické poloze ostrova s blízkostí oceánu a střídáním letních a zimních monzunů a tajfunů. Nejsilnější větry přichází ze zimními monzuny, které trvají od prosince do dubna. Do oblastí s vysokou hustotou zalidnění, která je koncentrována převážně do průmyslových oblastí, jako Tokio, Ósaka, Kóbe nebo Čiba, tedy pobřežních lokalit, je nejvhodnější aplikování mořských větrných elektráren, a to převážně plovoucích, jež mohou být provozovány i v hlubších mořích, díky novým technologiím s možností využití potenciálu v místech s hloubkou jednoho kilometru. Jejich kapacita by mohla být více než 2 000 GW. I zde se musí vzít v potaz, že potenciální kapacita je pouze pro představu, jelikož je potřeba využití plochy i pro jiné účely, jako je například rybolov. (British Petroleum, © 1965–2021; Cheng et al., 2022, str. 8–16; Scoccimarro et al., © 2020, str. 54–55)

4 Klíčové technologie

4.1 Technologie CCUS

Nemalou roli v plnění cílů uhlíkově neutrální společnosti bude hrát i technologie *CCUS*, tedy zachycení, využití a skladování uhlíku. Zatím se však jedná výhradně o pilotní projekty, které prochází vývojem. Ty mají v budoucnu zachycovat CO₂ z budov, jež tento prvek produkují, zejména pak u spalovacích elektráren, které jsou poháněny spalováním fosilních paliv. Princip této technologie spočívá v zachycení a stlačení CO₂, jež je následně dopravován na místo uložení nebo určeno k recyklaci. (IEA, 2021b, str. 117)

Při ukládání dochází ke vstřikování do geologických formací v moři, které jsou díky poloze Japonska dostupné, avšak z důvodu seismické aktivity velmi rozporuplné, neboť by mohlo dojít k narušení útvaru a následnému uvolňování do atmosféry. U recyklace je možno zachycený plyn přeměnit na jiné formy, které se mohou využít například v dopravě jako palivo nebo ve stavebnictví jako stavební materiál. (IEA, 2021b, str. 118–119)

4.2 Budoucnost energie z vodíku

Další technologií, které je věnována nemalá pozornost, je využití vodíku jakožto zdroje energie ve všech možných odvětvích, od domácností po průmysl. Při jeho spalování nedochází k vypouštění žádných emisí a zdá se tak ideálním řešením. Samotné Japonsko plánuje využití vodíku už od roku 2017. Je patrná jejich velká snaha stát se kromě první uhlíkově neutrální společnosti do roku 2050, také první společností, která bude naplno využívat vodík pro každodenní účely. Proto jsou zesilovány mezinárodní vztahy a spolupráce v oblasti vědy a výzkumu, aby bylo dosaženo rychlejšího vývoje. (IEA, 2021b, str. 121–129)

4.3 Energie moře

Jednou z dalších technologií jsou mořské elektrárny poháněné silou mořské masy. Řadí se mezi vodní elektrárny, díky čemuž mohou zvednout podíl energie z vody, který už je na pevnině, respektive na řekách, využít. Na mořích a oceánech se nachází obrovský potenciál energie, který se snažíme ovládnout, abychom zvýšili podíl obnovitelných zdrojů energie. Současně tento zdroj není závislý na počasí, jako tomu je u klasických vodních elektráren, které může postihnout sucho. Společnost *IHI Corporation* v únoru dokončila pilotní projekt obří oceánské turbíny, vážící bezmála 330 tun, jež se nazývá *Kairyu*. Konstrukce o velikosti 20×20 metrů, se dvěma turbínami s lopatkovými listy o průměru 11 metrů, je umístěna na jihozápadní

části pobřeží Japonska v proudu zvaném Kurošio. Celá soustava je složena ze tří částí, dvou generátorů s turbínami, které jsou na krajích, a transformátoru s výkonovým vysílačem ve středu. Do budoucna se počítá s elektrárnami tohoto typu o daleko větších rozměrech s většími výkony. Nicméně i když se tato technologie zdá jako skvělé řešení, má zásadní dopady na mořské ekosystémy. Tím že se jedná v podstatě o podmořské větrné elektrárny, je problém stejný jako u těch pevninských. Pohybující se lopatky zabijí množství podmořských živočichů stejným způsobem jako ptáky, a navíc je třeba kvůli relativně velké vzdálenosti zařízení od pevniny klást dlouhé a těžké podmořské kabely, aby byl zajištěn přesun elektrické energie z moře až k odběrateli, což ničí ekosystémy na dně oceánu. Je tedy otázkou, do jaké míry je tato technologie přátelská k životnímu prostředí. Samotná výroba sebou nese žádné emise skleníkových plynů, ale narušuje přirozené podmořské prostředí. (McRae, 2022)

5 Rozložení elektráren v rámci fyzické geografie ostrova

5.1 Jaderné elektrárny

Většina jaderných elektráren se nachází na straně Japonského moře, které je z druhé strany obklopeno Korejskou republikou, Korejskou lidově demokratickou republikou a Ruskou federací. Nicméně i přes možné ohrožení elektráren vlnami tsunami se všechny nachází na pobřeží, a to z důvodu chlazení reaktorů mořskou vodou. Nedílnou součástí elektráren jsou proto vlnolamy chránící před vlivem moře. (Scoccimarro et al., © 2020, str. 10–11, 58; WNA, 2023)

Nejbližší tektonickým zlomům jsou elektrárny Hamaoka, kde se v oblasti zátoky Suruga střetávají Euroasijská, Filipínská a Ochotská tektonická deska, a elektrárna Tókai, která je přibližně 200 km od střetu Filipínské, Ochotské a Pacifické desky. Jedny z nejvíce ovlivňovaných elektráren jsou Fukušima Daiči, Fukušima Daini a menší elektrárna Onagawa. Ty jsou vystavovány subdukci Ochotské a Pacifické tektonické desky. V roce 2011, v oblasti Tóhoku, došlo k zemětřesení o síle 9 RichtEROVY stupnice (WNA, Aktualizováno 2021). Výše zmíněné lokality se současně nachází v oblasti zvýšeného výskytu vln tsunami a nejsilnějších zemětřesení dosahující magnituda více než 6 RichtEROVY stupnice. (Scoccimarro et al., © 2020, str. 10–11 a 58)

5.2 Geotermální elektrárny

Geotermální elektrárny, nacházející se v hornatých oblastech především na ostrově Kjúšú a v západní části hlavního ostrova Honšú, jsou vystavovány sopečné činnosti. Zejména na ostrově Kjúšú, kde se nachází elektrárna Waita, v blízkosti sopky Aso, Origi a Jamagawa, u sopky Sakuradžima, nebo třeba elektrárna Mori na ostrově Hokkaidó u sopky Komagatake. Nicméně právě tento druh výroby elektrické energie je závislý na tepelné energii zemského jádra, takže jejich přirozené rozložení v sopečných oblastech je naopak žádoucí. (GRSJ, 2020; Scoccimarro et al., © 2020, str. 10–11)

5.3 Spalovací elektrárny

Stejně jako tomu bylo u jaderných elektráren i spalovací elektrárny se nachází na pobřeží, kde těží z možnosti chlazení mořskou vodou. Tím se zamezuje úbytku vody z řek, sloužící pro hydro elektrárny i jako zdroj pitné a hospodářské vody. Nejvíce elektráren se nachází na Pacifické straně ostrova, v hlavních průmyslových oblastech. V těchto místech dochází

k největšímu odběru elektrické energie kvůli ocelárnám a továrnám na výrobu polovodičů. V nejhlavnějších průmyslových regionech, *Hanšin* v Ósácké zátocě, *Čúkjó* v zátocě Ise a *Keihin* v Tokijském zálivu, je umístěno kolem 18 spalovacích elektráren, které jsou zátokami chráněny před vlnami, avšak oblasti *Čúkjó* a *Keihin* jsou ovlivňovány primárně seismickou aktivitou. (FEPC, 2015b; Scoccimarro et al., © 2020, str. 10–11 a 54–55)

5.4 Elektrárny na obnovitelné zdroje energie

Vodní elektrárny ležící na řekách jsou situované v hornatých oblastech ve středu ostrova. Největší potenciál v mořské energii, s možnou budoucí výstavbou, se nachází v jihozápadní části Japonska v proudu Kurošio, který nejdříve obtéká ostrov Kjúšú a následně celý ostrov Honšú. Jedná se opět o oblasti střetů tektonických desek s výskyty občasných zvýšených vln. (McRae, 2022; Scoccimarro et al., © 2020, str. 10–11 a 60–61)

Větrné elektrárny, ať už na moři nebo na souši, využívají silný vítr přímořských oblastí. Největší větrné parky jsou v pobřežních nížinách na západě Kjúšú, v regionu Čúgoku a Tóhoku. Kvůli složité instalaci, se jen zřídka budují tyto elektrárny v hornatých oblastech, kde je zhoršená přístupnost. (Scoccimarro et al., © 2020, str. 10–11 a 60–61)

Solární elektrárny jsou lokalizovány hlavně v západní části souostroví. Ty těží ze subtropického podnebného pásu, pro který je charakteristické dlouhé léto se slunečným a jasným počasím. Solární parky jsou rozmístěny díky snadné instalaci v přímořských i vnitrozemských oblastech. (Scoccimarro et al., © 2020, str. 10–11 a 60–61)

6 Vliv energetiky na životní prostředí

6.1 Znečištění vod

V minulosti došlo k několika velkým znečištěním. Čtyři nejzávažnější katastrofy mají ovšem na svědomí továrny nebo doly, které vypouštěly do řek a moří rtuť a kadmium nebo oxid siřičitý do ovzduší a způsobovaly řadu závažných onemocnění. Až do roku 2011 neměla žádná elektrárna na svědomí znečištění životního prostředí a ohrožení obyvatelstva. (Scoccimarro et al., © 2020, str. 62–63)

Největším znečištěním vody způsobeným elektrárnou je bezpochyby havárie ve Fukušimě Daiči, kde z důvodu zaplavení reaktoru a přilehlých oblastí došlo ke kontaminaci moře radionuklidy při zpětném odlivu vody po vlně tsunami zpět do oceánu. Jedná se o látku, která je složená z atomů o stejném protonovém a nukleovém čísle a jejíž jádro se mění na radioaktivní. V případě Fukušimy se jednalo o jod 131 s poločasem rozpadu pouhých 8 dní oproti dalšímu uniklému radionuklidu cesiu 137, který má poločas rozpadu 30 let. (Scoccimarro et al., © 2020, str. 63; WNA, Aktualizováno 2022)

Voda, která zůstala v oblasti elektrárny, byla přečerpána do 1 000 skladovacích nádrží, určených pro kontaminovanou vodu, aby nedocházelo k dalšímu uvolňování radiace. Nicméně i přes poměrně velkou kapacitu těchto úložných míst se v zasažené oblasti nacházelo daleko více kontaminované vody. Muselo tak být z nádrží do moře vypuštěno přibližně 10 400 m³ vody s nejnižší mírou kontaminace. Následně byla volná místa naplněna vodou s daleko vyšší mírou kontaminace. Po vypuštění kontaminované vody do moře proběhlo měření, které mělo zjistit, zda se zvýšila úroveň radioaktivity. Tento jev však nebyl potvrzen a nárůst hodnot nebyl odhalen. (Scoccimarro et al., © 2020, str. 62–63; WNA, Aktualizováno 2022)

6.2 Znečištění půdy

I pro znečištění půdy platí, že ke kontaminaci došlo v oblasti elektroenergetiky při události ve Fukušimě. Výbuch uvolnil asi jednu desetinu radioaktivních látek, než jaké se dostaly do ovzduší při havárii v Černobylu. Tento mrak, nesoucí i cesium 137, zamořil přibližně 7 % plochy souostroví. Z toho důvodu byla v den havárie nejdříve vyhlášena evakuace obyvatelstva do okruhu 2 km a pár hodina poté do 10 km. Druhý den, kdy došlo k explozi reaktoru 1, se postupně navyšoval evakuační okruh na vzdálenost 20 km a 25. března byl zvýšen

až na okruh do 30 km od elektrárny. (Scoccimarro et al., © 2020, str. 63; WNA, Aktualizováno 2022)

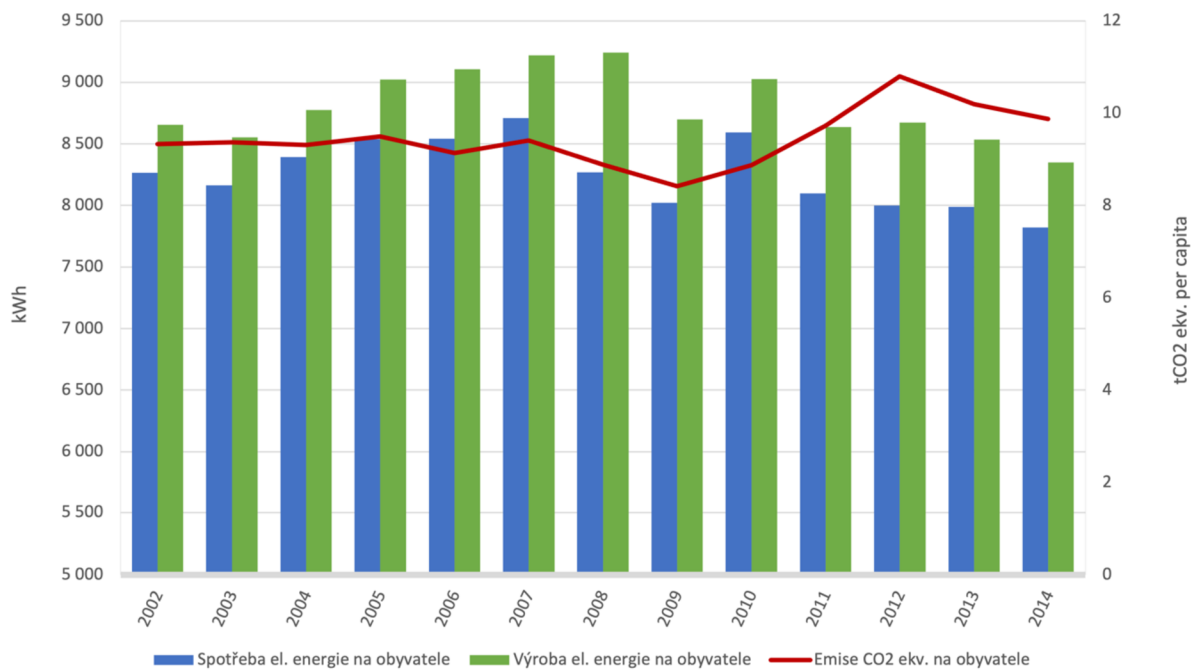
Stejně jako tomu bylo u vody, která byla v místě havárie, i zde byla vrchní zasažená vrstva půdy odebrána a následně přesunuta do bezprostřední blízkosti elektrárny, kde byla uložena. Veškerý radioaktivní materiál je uskladněn v areálu elektrárny. Avšak opatření před radioaktivitou v okolí nejsou stoprocentní. I nyní můžeme lokalizovat občasné plochy se zvýšenou radioaktivitou, která není životu nebezpečná. (Scoccimarro et al., © 2020, str. 63; WNA, Aktualizováno 2022)

Přímo v areálu Fukušima Daiči byly vybudovány ochranné kryty nad reaktory 1, 4 a 3, které měly pomoci chránit před dalším šířením radioaktivních látek do ovzduší a půdy. Nad vybuchlým reaktorem 1 byl kryt instalován od května do října roku 2011. U bloku 4 probíhala stavba od dubna 2012 do července následujícího roku. Třetí blok byl realizován v roce 2012. (WNA, Aktualizováno 2022)

6.3 Znečištění ovzduší

Japonci se musí pravidelně vypořádávat s vlnami smogu, který přichází hlavně v zimních měsících, kdy nastává období zimních monzunů a větry jsou směřovány z pevniny nad oceány. V tomto případě jde o znečištěný vzduch, který je produkován Čínou a je směřován nad Japonsko. Zásahu na znečištění z Číny nese i Japonsko, které, aby snížilo míru znečištění nad ostrovy v 80. letech, postupně přesouvalo některé odvětví průmyslu do zahraničí. (Scoccimarro et al., © 2020, str. 63)

Po roce 1993 množství vypuštěných emisí skleníkových plynů, které jsou jednou z hlavních příčin globálního oteplování, opět rostlo spolu s vyprodukovanou a spotřebovanou elektrickou energií. Největší zlom nastal v letech 2007–2009, (viz Graf 4), kdy v důsledku globální ekonomické krize došlo ke snížení financí pro nákup primárních zdrojů energie ze zahraničí. S tím souvisí pokles produkce elektrické energie. Současně upadala poptávka ze strany spotřebitelů, jež snižovali náklady na živobytí, aby ušetřili. Následkem těchto procesů bylo snížení emisí skleníkových plynů na obyvatele z hodnoty v roce 2007, dosahujících 9,41 tCO₂ ekv. (celkově 1204,37 MtCO₂ ekv.), na 8,42 tCO₂ ekv. (celkově 1078,7 MtCO₂ ekv.) za rok 2009 (Climate Watch, 2019a). (Scoccimarro et al., © 2020, str. 62–63; WNA, Aktualizováno 2022)



Graf 4: Vývoj produkce a spotřeby elektrické energie na obyvatele a celkových emisí CO₂ ekv. za období 2002–2014
(British Petroleum, © 1965–2021; Climate Watch, 2019a; The World Bank, 2023)

Jak už bylo uvedeno, havárie ve Fukušimě odstavila jadernou energii, která neprodukuje CO₂, čímž se zvedla výroba elektrické energie spalováním uhlí, ropy a zemního plynu. Emise tak narostly o 161,94 MtCO₂ ekv. za pouhé tři roky. Byl tak smazán pokles z roku 2009. Dosud nejvyšších hodnot bylo dosaženo v roce 2013, tedy 1298,56 MtCO₂ ekv. Od té doby množství emisí klesá už sedmým rokem po sobě. Nyní je Japonsko na 5. nejhorším místě mezi zeměmi G20. Přibližně 40 % těchto emisí je z energetického sektoru (WNA, Aktualizováno 2022). Poslední data z roku 2019 nereflktují, co se dělo v průběhu pandemie Covid-19. (Climate Watch, 2019a; Scoccimarro et al., © 2020, str. 62–63)

7 Plnění cílů

7.1 Kjótský protokol

V cíli *Kjótského protokolu*, který byl dojednaný v Japonsku na *COP3* v roce 1997, bylo snížit emise skleníkových plynů o 5,2 % u průmyslových zemí, které se zavázaly k jejich plnění. Pro Japonsko se počítalo s 6% snížením emisí skleníkových plynů. Reakce Japonska na přijatý protokol byly skoro okamžité. V prosinci téhož roku byl zřízen Ústav pro prevenci globálního oteplování¹⁵ a ratifikace dokumentu proběhla v roce 2002. (Kameyama, 2004, str. 71–73)

V roce ratifikace se emise pohybovaly na hodnotě 1189,23 MtCO₂ ekv. a celková produkce elektřiny byla 1103,1 TWh. Cílem tedy bylo snížit emise o 6 % oproti úrovním z roku 1990 (viz Graf 5), tedy 1106,26 MtCO₂ ekv., na hodnotu kolem 1039,6 MtCO₂ ekv. Této hodnoty mělo být dosaženo v prvním období, tedy mezi lety 2008–2012, hlavně za pomoci jaderných elektráren, které po čas výroby energie neprodukují žádné CO₂ a jsou tak ideálním zdrojem, který je schopen efektivně zajistit dodávky elektřiny pro obyvatelstvo bez závislosti na vnějších podmínkách, jako je např. bezvětří, sucho nebo oblačnost. (British Petroleum, © 1965–2021; Climate Watch, 2019b; Kyoto Protocol, 2008, str. 6 a 53–54; Nippon.com, 2022)

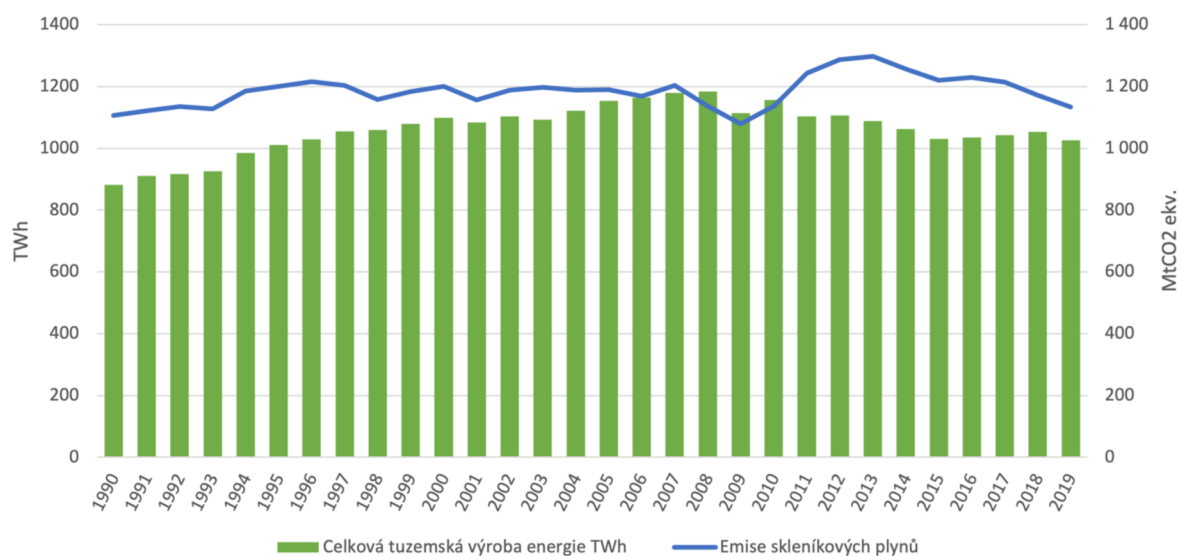
Samotná vláda podporovala energii z jádra až do roku 2011 a kladla na ni značné nároky. Do té doby 54 reaktorů vytvářelo kolem 25,3 % celkové produkce elektrické energie, která v roce 2010, činila 292,4 TWh. Nicméně s postupným odstavováním jaderných elektráren po roce 2011 se podíl jaderné energie razantně snižoval. Rok po havárii tvořil 1,6 % (18 TWh), v roce 2014 nakonec došlo k úplnému odstavení všech jaderných elektráren. Následkem toho bylo nahrazení ztraceného zdroje fosilními palivy, která jako jediná byla schopna velmi rychle zaplnit mezeru ve výrobě elektřiny. (British Petroleum, © 1965–2021; Nippon.com, 2022)

Začátek prvního období *Kjótského protokolu* byl velice slibný. Mezi lety 2008 a 2010 došlo k lehkému nárůstu produkce jaderné elektrické energie a snížení využití ropy pro výrobu elektřiny, který lze vidět na přiloženém Graf 5. Když však přihlédneme k poklesu emisí ze stejného období, je tento nárůst způsoben především již zmíněnou globální ekonomickou krizí a politikou, která měla za cíl ušetřit kapitál, jenž by putoval do zahraničí na koupi fosilních paliv pro energetické účely. Je tedy velmi obtížné určit, zda došlo k poklesu emisí z důvodu

¹⁵ Global Warming Prevention Headquarters

strukturálních změn, nebo pouze díky ekonomické krizi. Ovšem pokud budeme brát v potaz pouze plnění přijatých cílů *Kjótského protokolu*, mohlo Japonsko dosáhnout limitu v následujících letech, kdyby nedošlo k havárii ve Fukušimě, neboť se hodnoty z roku 2009, 1078,7 MtCO₂ ekv., přiblížily na dosah limitu 1039,6 MtCO₂ ekv. Ovšem při rozběhu ekonomiky už byly emise v následujícím roce o 57,92 MtCO₂ ekv. vyšší. (British Petroleum, © 1965–2021; Climate Watch, 2019b)

V roce 2010 činila výroba elektrické energie ze spalovacích elektráren celkově 790 TWh. Při úplné odstávce reaktorů v roce 2014 vzrostla produkce až na 922,3 TWh. S tím je také spojen nárůst emisí způsobený masivním spalováním fosilních paliv, kvůli větším nárokům na energetiku. To bylo způsobeno větší spotřebou elektřiny při opravách po zemětřesení a vlně tsunami z roku 2011. Japonsko se tak nepřiblížilo v prvním období plnění *Kjótského protokolu* k hodnotám z roku 1990 zejména v důsledku události roku 2011. Na konci tohoto období se emise nacházely o 203,93 MtCO₂ ekv. výš oproti požadované úrovni. K plnění závazků pro druhé období *Kjótského protokolu* se Japonsko nepřidalo. (British Petroleum, © 1965–2021; Climate Watch, 2019b)



Graf 5: Vývoj emisí skleníkových plynů a výroby el. energie za období 1990–2019 (British Petroleum, © 1965–2021; Climate Watch, 2019b)

7.2 Pařížská dohoda

Dne 8. listopadu 2016 došlo k ratifikaci *Pařížské dohody* Japonskem, které si klade za cíl udržet nárůst průměrné globální teploty pod hranicí 1,5 °C. Od té doby bylo vydáno několik strategických energetických plánů, které představovaly vizi cesty, kterou bude toto odvětví směřovat. Všechny spoléhaly na atomovou energii jakožto bezemisní zdroj. Rozdíl byl hlavně v obnovitelných zdrojích, u kterých docházelo k navyšování nároků. V roce 2021 vydala Japonská vláda *Dlouhodobou strategii v rámci Pařížské dohody*¹⁶. Dokument se může stát tahounem k cíli dekarbonizované společnosti do roku 2050. Hlavní myšlenkou Japonců je omezení spalování fosilních paliv a snížení emisí skleníkových plynů, ovšem bez omezování ekonomického a hospodářského růstu. Snížení emisí skleníkových plynů o 46 % do roku 2030, oproti nejvyšší úrovni 1256,16 MtCO₂ ekv. z roku 2013, má ukázat světu, že vyspělá společnost může omezovat oblasti průmyslu a současně se může stát ještě vyspělejším státem. (Climate Watch, 2019b ; The Government of Japan, 2021, str. 1–4)

Politika plnění stanov *Pařížské dohody* závisí na snižování emisí skleníkových plynů. Jednu z hlavních rolí v tom hraje energetický průmysl. Jedná se o výrobu elektřiny, tepla i získávání všech forem energie, které se podílí až na 40 % z celkových vypuštěných emisí v Japonsku. Dekarbonizace energetiky by tedy přinesla i razantní pokles emisí a bylo by tak velmi pravděpodobné, že se podaří dosáhnout stanovených cílů. Jenže k tomuto trendu nemůže dojít na úkor kvality zajištění dodávek elektrické energie. Nikdo si nedokáže představit, že bychom byli odštěpeni od elektřiny, proto bude třeba přecházet na nefosilní formy energie postupně. Japonská energetika je a dlouho ještě bude závislá na získávání elektrické energie z fosilních paliv, aby ale došlo ke splnění závazku *Pařížské dohody*, musí být plně vyvinuty technologie *CCUS* a zvýšena účinnost spalovacích elektráren. Mohlo by dojít k postupnému uzavírání přebytečných a neefektivních elektráren a jejich podíl na výrobě elektřiny v energetické mixu by postupně přebíraly jiné bezemisní elektrárny, ať už jaderné nebo vyvíjející se vodíkové. Proto je dlouhodobý základní princip 3E+S. (The Government of Japan, 2021, str. 12–18)

Kvůli dekarbonizaci společnosti se počítá s větší spotřebou elektřiny než v minulých letech. To bude způsobeno elektrifikací všech odvětví průmyslu, obchodu i služeb hlavně kvůli nárokům na elektromobilitu. Je tedy důležité vyvíjet nové technologie pro pohony aut, aby při

¹⁶ The Long-Term Strategy under the Paris Agreement

zvýšených nárocích na energetiku nedošlo k opačnému směřování emisních limitů. Zároveň bude klíčové celostátní propojení distribučních sítí, která v neprospěch Japonců pracuje na dvě různé frekvence. Zlepšení stavu sítí a propojenost hlavních ostrovů mezi sebou napomůže k zajištění dodávek elektrické energie z oblastí výhodnějších pro obnovitelné zdroje. (The Government of Japan, 2021, str. 18–24)

Každá změna potřebuje dostatečné finance, proto se bude vláda snažit získat soukromé investice podporující čisté energie a současně bude podporovat společnosti, které podnikají v oblasti obnovitelných zdrojů, i za pomoci bank, které by měly obnovitelnému sektoru vycházet vstříc. Ovšem podporu, finanční či technologickou, nepotřebuje pouze Japonsko. V boji s klimatickou změnou je celá planeta, proto jsou navazována nová partnerství, která mají pomoci státům v jejich přeměně na dekarbonizovanou společnost nebo mají pomoci v rychlejší vývoji nových technologií, které nám zajistí úspěšnou cestu ke splnění *Pařížské dohody*. (The Government of Japan, 2021, str. 93–97)

7.3 Cíle udržitelného rozvoje OSN

Hlavní položkou v *SDGs* do roku 2030, se zastoupením energetického průmyslu, je cíl 7., *dostupné a čisté energie*. Zde je kladen nárok na zajištění cenově přijatelných, spolehlivých a udržitelných zdrojů energie, které budou v budoucnu ještě modernější a rozvinutější. Stejně cíle stanovuje i *4. strategický energetický plán* z roku 2014. (Goal 7, 2022)

Dle podcíle 7.1 má být do roku 2030 globálně dostupná elektrická a tepelná energie, která není zastaralá a je spolehlivá. Úspěšnost měří dva ukazatele, podíl obyvatel s přístupem k elektrické energii a podíl obyvatel, kteří mají neomezený přístup k čistým palivům a technologiím pro kvalitnější vaření. Japonská společnost má 100% přístup k energiím, a díky tomu byly tyto body splněny v roce 2019. Teď je třeba pracovat na ještě větší modernizaci energetického průmyslu a služeb, které poskytuje. (Goal 7, 2022; Japan, 2022; OECD, 2022)

U podcíle 7.2, tedy zvýšení globálního podílu obnovitelných zdrojů energie, sice roste podíl celkové dodávky primárních zdrojů energie i podíl v energetickém mixu, ale nedostatečně na to, aby byl v nejbližších letech splněn. Ukazatel, podíl obnovitelné energie k finální spotřebě, je označen jako stagnující s potenciálem výzvy, kterou je třeba splnit, aby byly sníženy emise skleníkových plynů. I přes to, že je posledních deset let specifických pro rozmach vývoje a podílu elektřiny z obnovitelných zdrojů, bude muset být investováno daleko více financí k

přeměně nejen Japonské, ale i celosvětové energetiky. (Goal 7, 2022; Japan, 2022; OECD, 2022)

U 7.3 energetické účinnosti, byl dosažen pokrok, nicméně cíl nebyl prozatím splněn. Cíl nebyl splněn, a to i přes to, že má Japonsko vysokou energetickou účinnost, jež je měřena celkovou spotřebou primární energie k HDP, tedy jaké množství financí je třeba k výrobě elektřiny v daný rok k hrubému domácímu produktu za stejné období. Nárůst účinnosti byl zaznamenán třeba v době globální ekonomické krize, kdy díky poklesu spotřeby elektrické energie nebylo třeba vynaložit takové úsilí k získání tohoto zdroje. (Goal 7, 2022; IEA, 2021b, str. 70–71; Japan, 2022; OECD, 2022)

Podcíl 7.a klade nároky na zesílení mezinárodní spolupráce. Japonsko, jakožto technologická velmoc, hojně spolupracuje s jinými státy na vývoji nových technologiích, které mají zvýšit energetickou účinnost, rozvinout obnovitelné zdroje energie a hlavně pomoci s omezováním vypouštění skleníkových plynů spalovacími elektrárnami. Příkladem je spolupráce v oblasti vývoje technologie *CCUS* a vodíku nebo předávání a přebírání poznatků z jaderné bezpečnosti, se kterou má Japonsko velkou zkušenost. (Goal 7, 2022; Japan, 2022; OECD, 2022)

Diskuse

Obnovitelné zdroje energie jsou, z mého pohledu, vnímány v dnešní době jako jediné řešení v boji s klimatickou změnou, co se energetiky týče. Současně chápu, že někoho nemusí napadnout, že určitý vliv na životní prostředí mohou mít všechny druhy elektráren, nejenom ty „nečisté“. Spalovací elektrárny během své životnosti s sebou nesou obrovskou uhlíkovou stopu. Vodní a větrné elektrárny (pevninské i mořské) zabijí množství živočichů žijících ve vodách i ve vzduchu a mění ráz krajiny a mořského dna. Jaderné elektrárny nemají žádnou uhlíkovou stopu, nicméně po haváriích může dojít ke katastrofickým škodám. Je potřeba pohlédnout na všechny tyto aspekty a neodsuzovat některé typy jen podle nejhoršího možného scénáře.

Dle mého názoru si Japonsko vytyčilo splnitelné cíle pro rozložení energetického mixu, ale muselo by na nich v následujících sedmi letech svědomitě pracovat. Vláda, ale i obyvatelé si uvědomují, do jaké situace se dostal energetický průmysl v době po Fukušimě, a i přes možné riziko přijali zpět jadernou energii. Avšak i po více než deseti letech s vysokým počtem jaderných elektráren, není podíl elektřiny v energetickém mixu ani v polovině vytyčených cílů. Do roku 2030 bude muset být navýšen nynější trend znovuoživení jaderných elektráren z 6% podílu o dalších 14 %. Ač se to může zdát hodně, musím podotknout, že 20% podílu dosahovalo Japonsko už v období let 1985–2010. V roce 2010 se generovalo 25,3 % elektřiny z jádra, bohužel v té době byl cíl výroby 30–40 %, takže žádný dříve stanovený plán zatím nebyl splněn. Proč tedy jednoduše nezprovozní uzavřené elektrárny, aby dosáhly slíbeného podílu a snížení emisí skleníkových plynů? Většina z jaderných elektráren neprošla novými bezpečnostními předpisy, jež byly znovu formulovány po roce 2011, a některé z nich jsou velmi nákladné. Další roli zde hraje i důvěra veřejnosti, která je po třech zkušenostech s atomovými katastrofami neodvratně narušena. Dnes mají hlavní slovo v obnově jaderného sektoru guvernéri prefektur, řídící se názory obyvatel, jež jsou převážně proti jejich obnově. To je důvodem blokády bezmála 33 jaderných reaktorů, které by jistě dovedly vládu k jejich vysněným 20–22 %.

To, že jsou obnovitelné zdroje hojně podporovány, je patrné nejenom v Japonsku, ale i ve světě. Kdyby nebylo Japonsko donuceno po sledu událostí zvýšit tok financí do solárního sektoru, rozhodně by se nedostalo během deseti let ze skoro nulového podílu solární energie na 8,5 %. Dá se počítat s rostoucím trendem vývoje, jenž by docílil limitu 14–16 % podílu výroby sluneční energie. Vytipovaných lokalit je na ostrovech tolik, že by pokryly mnohem větší spotřebu. Místa ovšem nemohou být plně využita pouze pro energetické účely. Pro každý stát je důležité i zemědělství, aby byl schopen produkovat potřebné množství potravin pro své

obyvatele. Současně se na agrovoltaiku nehodí všechny plodiny. To stejné platí i pro ráz krajiny. Specifický vzhled Japonska by s většinou zastavěnou plochou solárními panely nevypadal dobře. Když má tedy značný potenciál i větrná energie, a její provoz je stejně jako u solární energie skoro bezplatný, proč je rozvoj tak pomalý? Oproti fotovoltaice je třeba rozsáhlejších stavebních prací, které jsou náročné časově i logisticky. Zároveň má viditelnější dopad na ráz krajiny a hornatost omezuje stavby větších větrných parků. Nicméně většina nově vytipovaných lokalit se nachází na moři, s čímž jsou spojeny nároky na životní prostředí. Domnívám se, že všechny zmíněné aspekty mohly zabrzďovat rozvoj větrné energie, která má se současnými hodnotami 0,8 % daleko k tomu, aby se dostala na slibovaných 5 %.

Přes má prvotní očekávání, jsem byla překvapena malým poměrem geotermální energie. Domnívala jsem se, že když se Japonsko nachází v tektonicky aktivní zóně, bude mít vyšší požadavky na podíl geotermální energie v celkové produkci, stejně jako tomu je u Islandu. Nároky na dodávky elektřiny, kterou poptává skoro 126 miliónu obyvatel, nedokáží pokrýt v takovém rozsahu pouze geotermální zdroje.

Myslím si, že i přes desítky let trvající stagnaci výroby elektřiny z vodní energie, brzy začne nová vodní éra, která bude obsahovat nově započaté projekty podmořských turbín. Věřím, že do pár let bude Japonsko plně využívat energii tichomořského proudu Kurošio, jenž by mohl posunout hodnoty produkce o potřebné 3 % ke stanoveným cílům výroby. I přes to, že je některým druhům obnovitelných zdrojů energie věnováno více pozornosti, jsem ke splnění energetického mixu pro rok 2030 trochu skeptická. Nyní je Japonsko schopno vyrobit 12,8 % zelené energie, ale cíle, které se po Fukušimě zvedly z 22 % na 36 %, jsou čím dál vzdálenější.

Domnívám se, že *Pařížská dohoda* nebude naplněna do předpokládaného limitu, tedy do roku 2050. Od roku 2016, kdy vstoupila v Japonsku v platnost *Pařížská dohoda*, se hodnoty emisí skleníkových plynů snížily z 1229,82 MtCO₂ ekv. na 1134,45 MtCO₂ ekv. pro rok 2019. Skutečným cílem je dosáhnout přibližně hodnoty 700 MtCO₂ ekv., které se nepřiblížil ani rok 2009 s nejnižší hodnotou od 90. let. Současně si nemyslím, že bude klesající trend pokračovat, protože jsou kladeny čím dál větší nároky na elektrifikaci průmyslu a autodopravy. S omezováním spalovacích motorů, bude potřeba více elektromobilů, které budou potřebovat další elektrickou energii.

Ačkoli je myšlenka jakýchkoli klimatických dohod dobrá, nemyslím si, že napravení situace jednou z nejnivnějších zemí na světě může pomoci ke zvrácení nadcházející

budoucnosti. Velmi důležité bude, jak se k situaci postaví ostatní země, které se nejvíce podílejí na vypouštění skleníkových plynů, a to zejména Čína, USA, Indie a Rusko. Protože bez jednotné shody a spolupráce v nápravě situace budeme i nadále čelit kritické situaci, tedy překročení hranice průměrné globální teploty o 1,5°C. Domnívám se, že za neustále napjaté situace, která panuje mezi USA a Čínou, nyní i na Ruské straně, bude jakákoli společná domluva v řešení klimatických otázek velmi složitá.

Závěr

Japonská energetika byla v minulosti velmi ovlivňována jak zahraničními, tak tuzemskými událostmi. Nejhlavnější ropná krize, globální ekonomická krize a zemětřesení v roce 2011, s následnou vlnou tsunami, které způsobila havárii v jaderné elektrárně Fukušima Daiči s únikem radioaktivních látek do krajiny, nejvíce formovali cestu, kterou směřuje současná Japonská energetika. Avšak i přes výrazně negativní vlivy, se Japonci snaží poučit z minulých chyb a pokud to bude možné, už je nikdy neopakovat, protože i obyčejné špatné uložení náhradních generátorů v jedné elektrárně může změnit životy všech lidí na planetě.

Po více jak deseti letech je v občanech stále zakořeněný strach z jaderné energie, který brzdí znovuoobnovování provozů jaderných elektráren, které jsou potřebné ke splnění emisních limitů pro skleníkové plyny. I přes nejistotu si společnost uvědomuje, že bez této formy energie se Japonsko nejspíš neposune dál a zůstane i nadále závislé na spalování fosilních paliv.

Právě energetická politika, zahrnující bezpečnost, soběstačnost a environmentální dopady, by měla dosáhnout stabilních dodávek elektrické energie s rozumnou cenovou sazbou tak, aby nedocházelo k dalšímu zatěžování životního prostředí. V reakci na nevýhodný energetický mix bylo v průběhu let vytvořeno několik energetických strategií, které určují vizi do roku 2030 a 2050. Ty byly formulovány buď po havárii z roku 2011 nebo po ratifikaci *Kjótského protokolu a Pařížské dohody*.

Všechny strategie se shodují s obnovou jaderné energetiky, která pomůže snižovat podíl spalovacích elektráren. Neodmyslitelnou součástí jsou hlavně obnovitelné zdroje energie, které zažívají svůj dosavadní vývojový vrchol. Zejména pak fotovoltaika a její spojení se zemědělstvím, větrné elektrárny plovoucí na moři nebo mořské turbíny, využívající oceánských proudů. Právě do těchto oblastí směřuje velké množství financí, které pomohou urychlit a zkvalitnit výzkum nových forem energie, aby se Japonsko mohlo v budoucnu stát uhlíkově neutrální společností.

V boji s klimatickou změnou není Japonsko samo, proto je nedílnou součástí všech dohod mezinárodní spolupráce. Ta zajišťuje výměnu dosavadních zkušeností a informací, které řeší problémy spjaté například s uvolňováním skleníkových plynů spalovacími elektrárnami nebo vývojem novodobých zdrojů energie jako je vodík. Dosud totiž v Japonsku není žádný tak silný zdroj, který by mohl nahradit spalování fosilních paliv. Proto jsou jednou z klíčových řešení technologie *CCUS*, zachycující a ukládající CO₂.

V současné době je kompletně splněn pouze jeden cíl *SDGs*, ostatní jsou v procesu plnění. *Kjótský protokol*, u kterého se Japonsko zavázalo snížit emise skleníkových plynů o 6 % oproti úrovni z roku 1990, na konci prvního období nebyl splněn. Možným důvodem byla Fukušimská havárie z roku 2011, která přinesla odstávky jaderných elektráren a následné nahrazování ztraceného zdroje spalovacími elektrárnami. Zvýšená spotřeba fosilních paliv, jako primárního zdroje energie pro elektrárny, mohla mít za následek zvýšení celkového množství emisí CO₂ ekv. Navazující *Pařížská dohoda*, které má za cíl udržet nárůst průměrné globální teploty pod hranicí 1,5 °C, teprve probíhá. Japonsko si po ratifikaci dohody předsevzalo, že sníží emise CO₂ ekv. o 46 %, a to do roku 2030.

Předpokládá se, že do roku 2050 bude Japonsko plně dekarbonizovaná společnost, která bude vzorem pro ostatní státy. Po skoro sedmi letech, můžeme vidět pokles hodnot emisí, nicméně tato futuristická vize, je zatím velmi vzdálená. Je třeba si uvědomit, že pouhá změna energetického mixu Japonsku nemusí pomoci v problému, který s sebou přinese posun k dekarbonizaci. Nejen, že bude omezováno spalování fosilních paliv na všech úrovních, ale s nástupem elektromobilů a s větší automatizací průmyslu a služeb, bude růst i celková spotřeba elektřiny. Je tedy možné, aby se společnost, která je závislá na dovozu primárních zdrojů energie přeformovala na uhlíkově neutrální společnost? S dostatečnými financemi a technologickou základnou jakou má Japonsko to možné je. Ovšem otázkou stále zůstává, zda to bude dosaženo do roku 2050.

Zdroje

Knížní zdroje

GURŇÁK, Daniel, Katrina DANIELOVÁ, Karol KASALA, Ladislav TOLMÁČI a Tibor BLAŽÍK, 2014. *Geografia Ásie*. Bratislava: Univerzita Komenského v Bratislave, 271-392 str. ISBN 978-80-223-3770-0.

SCOCCIMARRO, Rémi, Claire LEVASSEUR a Jitka DĚDICOVÁ, © 2020. *Atlas Japonska: éra křehkého růstu*. Brno: Lingea, 95 s. Zeměpisné atlasy. ISBN 978-80-7508-613-6.

TISOVSKÝ, Vladimír, 1986. *Japonsko* [online]. 1986: Svoboda, 281 s. [cit. 2023-04-02]. 25–029–86. Dostupné z: <https://dnnt.mzk.cz/view/uuid:501e97f0-6c72-11e2-b-2a-005056827e51?page=uuid:2e8165f0-cf7d-11e2-92ff-001018b5eb5c>

VIVODA, Vlado, 2014. *Energy Security in Japan: Challenges After Fukushima* [online]. [cit. 2023-03-17]. ISBN 9781138270312. Dostupné z: https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=Z5gWDAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=energy+security+in+japan&ots=r2TGmdyN7S&sig=LJwYHLccUZCdDrhmhPhQqpkc2Lo&redir_esc=y#v=onepage&q=energy%20security%20in%20japan&f=false

World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability [online], 2000. UNDP [cit. 2023-03-14]. ISBN 92-1-126126-0. Dostupné z: <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/publications/World%20Energy%20Assessment-2000.pdf>

Články

HEIN, Laura E., 1990. *Fueling Growth: The Energy Revolution and Economic Policy in Postwar Japan* [online]. Volume: 147. Harvard University Asia Center, Harvard University, 51–78 [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: <https://doi.org/10.2307/j.ctt1tfj95v>

CHENG, Cheng, Andrew BLAKERS, Matthew STOCKS a Bin LU, 2022. 100% renewable energy in Japan. *Energy Conversion and Management* [online]. Elsevier, **255**, 1–16 [cit. 2023-03-26]. ISSN 0196–8904. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2022.115299>

KAMEYAMA, Yasuko, 2004. Evaluation and Future of the Kyoto Protocol: Japan's Perspective. *International Review for Environmental Strategies* [online]. Institute for Global Environmental Strategies, 5(1), 71–82 [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: https://www.iges.or.jp/en/publication_documents/pub/peer/en/1159/IRES_Vol.5-1_71.pdf

KIKKAWA, Takeo, 2012. THE HISTORY OF JAPAN'S ELECTRIC POWER INDUSTRY BEFORE WORLD WAR II. *Hitotsubashi Journal of Commerce and Management* [online]. Hitotsubashi University, 46(1), 1-16 [cit. 2023-02-06]. Dostupné z: <http://hermes-ir.lib.hit-u.ac.jp/hermes/ir/re/25372/HJcom0460100100.pdf>

MCRAE, Mike, 2022. Japan Is Dropping a Gargantuan Turbine Into The Ocean to Harness 'Limitless' Energy. In: *ScienceAlert* [online]. ScienceAlert Pty [cit. 2023-03-30]. Dostupné z: <https://www.sciencealert.com/japan-s-dropping-a-kaiju-sized-turbine-into-the-ocean-to-fish-for-limitless-energy/amp>

TAKAHASHI, Kiyoshi, 1989. Sunshine project in Japan - solar photovoltaic program. *Solar Cells* [online]. 26(1–2), 87-96 [cit. 2023-03-06]. ISSN 0379-6787. Dostupné z: [doi:https://doi.org/10.1016/0379-6787\(89\)90069-0](https://doi.org/10.1016/0379-6787(89)90069-0)

Webové stránky

British Petroleum: Statistical Review of World Energy – all data, 1965-2021 [online], © 1965–2021. BP p.l.c. [cit. 2023-03-06]. Dostupné z: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/power-by-fuel.html>

Climate Watch: Global Historical Emissions [online], 2019a. Washington, DC: World Resources Institute [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions?calculation=PER_CAPITA&end_year=2019&emissions=JPN&start_year=1990

Climate Watch: Global Historical Emissions [online], 2019b. Washington, DC: World Resources Institute [cit. 2023-04-03]. Dostupné z: https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions?calculation=ABSOLUTE_VALUE&end_year=2019&emissions=JPN&start_year=1990

FEPC: History of Japan's Electric Power Industry [online], 2015a. © The Federation of Electric Power Companies of Japan [cit. 2023-03-06]. Dostupné z: https://www.fepec.or.jp/english/energy_electricity/history/index.html

FEPC: Location of Power Plants [online], 2015b. © The Federation of Electric Power Companies of Japan [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: https://www.fepc.or.jp/english/energy_electricity/location/index.html

Fukushima Revitalization: Promotion of renewable energy [online], 2018. Fukushima Prefectural Government [cit. 2023-03-13]. Dostupné z: <https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal-english/en0-04.html>

Goal 7: TARGETS AND INDICATORS [online], 2022. UN [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: <https://sdgs.un.org/goals/goal7>

GRSJ: Geothermal Energy in Japan [online], 2020. © The Geothermal Research Society of Japan. [cit. 2023-03-06]. Dostupné z: https://grsj.gr.jp/english/gej/?l=en_US

IEA: Japan [online], 2021a. The International Energy Agency [cit. 2023-03-17]. Dostupné z: <https://www.iea.org/countries/japan>

IEA: Japan 2021: Energy Policy Review [online], 2021b. International Energy Agency [cit. 2023-03-17]. Dostupné z: https://iea.blob.core.windows.net/assets/3470b395-cfdd-44a9-9-84-0537cf069c3d/Japan2021_EnergyPolicyReview.pdf

INES: Mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných událostí - Uživatelská příručka [online], Překlad vydání z roku 2001. IAEA a OECD/NEA, Připraveno v SÚJB [cit. 2023-03-07]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/dokumenty/publikace/INES.pdf>

JapanGov: Clean Energy Strategy [online], 2022. The Government of Japan [cit. 2023-03-21]. Dostupné z: https://www.japan.go.jp/kizuna/2022/06/clean_energy_strategy.html

Japan: SDG 7: Affordable and clean energy [online], 2022. Sustainable Development Report [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: <https://dashboards.sdgindex.org/profiles/japan>

Kyoto Protocol: Target Achievement Plan [online], 2008. Ministry of Environment, Government of Japan [cit. 2023-03-10]. Dostupné z: <https://www.env.go.jp/en/earth/cc/kptap.pdf>

METI: 2021 – Understanding the current energy situation in Japan (Part 1) [online], 2022a. Agency for Natural Resources and Energy [cit. 2023-03-17]. Dostupné z: https://www.enecho.meti.go.jp/en/category/special/article/detail_171.html

METI: Here's more about the 6th Strategic Energy Plan Efforts to overcome "grid constraints" toward expanding the introduction of renewable energy (in provisional translation) [online], 2022b. Agency for Natural Resources and Energy [cit. 2023-03-24]. Dostupné z: https://www.enecho.meti.go.jp/en/category/special/article/detail_174.html

MOFA: Climate Change [online], 2016. Ministry of Foreign Affairs of Japan [cit. 2023-03-17]. Dostupné z: https://www.mofa.go.jp/ic/ch/page4e_000546.html

MOTOSHIGE, Itoh, 2012. *Nippon.com: Reforming Japan's Electricity System* [online]. Nippon Communications Foundation [cit. 2023-03-24]. Dostupné z: <https://www.nippon.com/en/column/g00061/>

National Geographic: Mar 11, 2011 CE: Tohoku Earthquake and Tsunami [online], 2023. National Geographic Society [cit. 2023-03-07]. Dostupné z: <https://education.nationalgeographic.org/resource/tohoku-earthquake-and-tsunami/>

Nippon.com: Japan's Nuclear Power Plants in 2022 [online], 2022. Nippon Communications Foundation [cit. 2023-03-10]. Dostupné z: <https://www.nippon.com/en/japan-data/h01365/>

OECD: Measuring distance to the SDG targets – Japan [online], 2022. Organisation for Economic Co-operation and Development [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: <https://www.oecd.org/wise/measuring-distance-to-the-SDG-targets-country-profile-Japan.pdf>

Skupina ČEZ: Základní typy jaderných reaktorů [online], 2023. ČEZ [cit. 2023-03-06]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobni-zdroje/jaderna-energetika/je-ve-svete/zakladni-typy-ja-ernych-reaktoru>

The Government of Japan, 2021. *The Long-Term Strategy under the Paris Agreement* [online]. In: . s. 1–97 [cit. 2023-03-31]. Dostupné z: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Japan_LTS2021.pdf

The World Bank: Population, total - Japan [online], 2023. The World Bank Group [cit. 2023-03-14]. Dostupné z: <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=JP>

TOSUN, Jale, 2022. *Energy Policy* [online]. Oxford University Press [cit. 2023-03-17]. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190228637.013.174>.

WNA: Fukushima Daiichi Accident [online], Aktualizováno 2022. Londýn: World Nuclear Association [cit. 2023-03-07]. Dostupné z: <https://world-nuclear.org/information-library/safety--nd-security/safety-of-plants/fukushima-daiichi-accident.aspx>

WNA: Nuclear Power Plants and Earthquakes [online], Aktualizováno 2021. World Nuclear Association [cit. 2023-03-17]. Dostupné z: <https://world-nuclear.org/information-library/safety--nd-security/safety-of-plants/nuclear-power-plants-and-earthquakes.aspx>

WNA: Nuclear Power in Japan [online], 2023. London: World Nuclear Association [cit. 2023-03-06]. Dostupné z: <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/-apan-nuclear-power.aspx>

Přílohy

Graf 1: *British Petroleum: Statistical Review of World Energy – all data, 1965-2021* [online], © 1965–2021. BP p.l.c. [cit. 2023-03-06]. Dostupné z: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/power-by-fuel.html>. Složky s produkcí jednotlivých způsobu výroby.

Graf 2: *METI: 2021 – Understanding the current energy situation in Japan (Part 1)* [online], 2022a. Agency for Natural Resources and Energy [cit. 2023-03-17]. Dostupné z: https://www.enecho.meti.go.jp/en/category/special/article/detail_171.html. Energy self-sufficiency ratio in Japan.

Graf 3: *British Petroleum: Statistical Review of World Energy – all data, 1965-2021* [online], © 1965–2021. BP p.l.c. [cit. 2023-03-06]. Dostupné z: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/power-by-fuel.html>. Složky s produkcí výroby jednotlivých obnovitelných druhů energie.

Graf 4: *British Petroleum: Statistical Review of World Energy – all data, 1965-2021* [online], © 1965–2021. BP p.l.c. [cit. 2023-03-06]. Dostupné z: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/power-by-fuel.html>. Složky s celkovou produkcí elektřiny.

Climate Watch: Global Historical Emissions [online], 2019a. Washington, DC: World Resources Institute [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions?calculation=PER_CAPITA&end_year=2019&emissions=JPN&start_year=1990

The World Bank: Population, total - Japan [online], 2023. The World Bank Group [cit. 2023-03-14]. Dostupné z: <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=JP>

Graf 5: *British Petroleum: Statistical Review of World Energy – all data, 1965-2021* [online], © 1965–2021. BP p.l.c. [cit. 2023-03-06]. Dostupné z: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/power-by-fuel.html>. Složky s celkovou produkcí elektřiny.

Climate Watch: Global Historical Emissions [online], 2019b. Washington, DC: World Resources Institute [cit. 2023-04-03]. Dostupné z: https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions?calculation=ABSOLUTE_VALUE&end_year=2019&emissions=JPN&start_year=1990.
Složka Electricity Generation