



ZÁPADOČESKÁ
UNIVERZITA
V PLZNI

Fakulta elektrotechnická
Katedra technologií a měření

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Postoj Německa k jaderné havárii v Japonsku

Autor práce: Pavel Balíček
Vedoucí práce: Ing. Romana Řáhová

Plzeň 2013

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Pavel BALÍČEK**
Osobní číslo: **E10B0003P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**
Název tématu: **Postoj Německa k jaderné havárii v Japonsku**
Zadávací katedra: **Katedra technologií a měření**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Uveďte přehled jaderných elektráren v Německu a jejich plánované odstavení.
2. Uveďte nové zdroje elektrické energie vhodné pro Německo.
3. Výpočtete náklady a ztráty po odstavení JE v Německu.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah pracovní zprávy: 20 - 30 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

1. Hála Jiří, Radioaktivita, ionizující záření, jaderná energie
2. Běhounek František, Lidé a radioaktivita

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Romana Řáhová

Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání bakalářské práce: 15. října 2012

Termín odevzdání bakalářské práce: 7. června 2013


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.

děkan




Doc. Ing. Vlastimil Škočil, CSc.

vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2012

Abstrakt

Tato bakalářská práce pojednává o změnách v Německé energetice po jaderné havárii v Japonsku v elektrárně Fukušima Daiči. Je zde uveden stručný popis elektrárny Fukušima Daiči a popis havárie způsobené přírodními živly. Dále pak vývoj Německé jaderné energetiky před a po jaderné havárii v Japonsku, přehled jaderných elektráren v Německu a jejich plánované odstavení. Jsou zde uvedeny nové zdroje elektrické energie, které v průběhu několika let mají nahradit jadernou energii a také plánované výstavby nových elektráren.

Klíčová slova

jaderná energie, energetika, Německo, jaderná havárie, Japonsko, Fukušima Daiči

Abstract

Balíček, Pavel. *Germany's attitude to the nuclear accident in Japan [Postoj Německa k jaderné havárii v Japonsku]*. Pilsen, 2013. Bachelor thesis (in Czech). University of West Bohemia. Faculty of Electrical Engineering. Department of Technologies and Measurement. Supervisor: Romana Řáhová

This bachelor's thesis is written about the changes in the German power engineering after the nuclear accident in Japan's Fukushima Daiichi power plant. There is a description of the Fukushima Daiichi accident caused by natural elements. Furthermore, the German development of nuclear energy before and after the nuclear accident in Japan, an overview of nuclear power plants in Germany, which are planned shutdown. They are listed here for new sources of energy, which should replace nuclear energy and also there is the list of planned construction new power plants.

Keywords

nuclear energy, power engineering, Germany, nuclear disaster, Japan, Fukushima Daiichi

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem svou závěrečnou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 270 trestního zákona č. 40/2009 Sb.

Také prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

V Plzni dne 7. června 2013

Pavel Balíček

.....

Podpis

Obsah

Seznam obrázků	vi
Seznam tabulek	vii
Seznam symbolů a zkratk	viii
1 Úvod	1
2 Jaderná havárie Fukušima Daiči	2
2.1 Popis jaderné elektrárny Fukušima Daiči	2
2.2 Popis havárie jaderné elektrárny Fukušima Daiči	3
2.2.1 Zemětřesení a tsunami	3
2.2.2 Sled událostí v JE Fukušima Daiči	4
2.3 Klasifikace jaderné havárie	6
3 Německo před jadernou havárií ve Fukušimě Daiči	8
3.1 Začátky jaderné energetiky v Německu	8
3.2 Energetická koncepce německé vlády	8
4 Německo po jaderné havárii ve Fukušimě Daiči	11
5 Nové zdroje elektrické energie Německa	13
5.1 Obnovitelné zdroje	13
5.1.1 Větrné farmy	14
5.1.2 Solární energie	14
5.1.3 Biomasa	15
5.1.4 Vodní energie	15
5.2 Fosilní zdroje energie	16
5.2.1 Hnědé uhlí	17
5.2.2 Černé uhlí	17
5.2.3 Zemní plyn	18
6 Ekonomické dopady odstoupení Německa od jaderné energie	19
6.1 Přenosové sítě	19

6.2 Celkové náklady Německa po odstavení jaderné energie	20
7 Závěr	21
Reference, použitá literatura	23
Rejstřík	26

Seznam obrázků

2.1	Statut jaderných elektráren v Japonsku po zemětřesení Převzato z [3] 	3
2.2	Zbytkový tepelný výkon reaktorů po odstavení v závislosti na čase Převzato z [6]	4
2.3	Mezinárodní stupnice jaderných událostí Převzato z [7] 	6
3.1	Postupné snižování výkonu jaderných elektráren v Německu podle novely atomového zákona z roku 2002 Převzato z [10] 	9
5.1	Procentuální vyjádření výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů v roce 2011 Převzato z [16] 	13
5.2	Energetický mix mezi roky 1990 až 2012 Převzato z [27] 	18

Seznam tabulek

2.1	Základní informace o jednotlivých blocích v JE Fukušima Daiči Převzat z [1]	2
3.1	Základní informace o jednotlivých JE uzavřených mezi rokem 2000 a 2011 .	9
3.2	Nový plán odstavení jaderných elektráren po 28. říjnu 2010 Převzat z [11] . .	10
4.1	Německé jaderné elektrárny odstavené v březnu 2011 Převzat z [11] 	12
4.2	Německé jaderné elektrárny v provozu a jejich plánované odstavení Převzat z [11]	12
5.1	Výstavby elektráren fosilních zdrojů za poslední dva roky Převzat z [24] . . .	16

Seznam symbolů a zkratek

ABWR	Advanced Boiling Water Reactor. Rozšířený varný reaktor.
BWR	Boiled Water Reactor. Varný reaktor.
DENA	German Energy Agency. Německá energetická agentura.
EnBW	Energie Baden-Württemberg. Energie Bádensko-Württembersko.
ETS	Emissions Trading System. Systém EU pro obchodování s emisemi.
IAEA	International Atomic Energy Agency. Mezinárodní agentura pro atomovou energii.
INES	The International Nuclear Event Scale. Mezinárodní stupnice jaderných událost.
JE	Jaderná elektrárna.
PWR	Pressurized water reactors. Tlakovodní reaktor.
SPD	Social Democratic Party of Germany. Sociálnědemokratická strana Německa.
SRN	Spolková republika Německo.
TEPCO	Tokyo Electric Power Company. Tokijská elektrárenská společnost.
WNA	World Nuclear Association. Světová nukleární asociace.

1

Úvod

Jaderný rozvoj se datuje od šedesátých let minulého století. Díky ropné krizi v sedmdesátých letech 20. století dochází k rychlé výstavbě jaderných elektráren. S rostoucí energetickou spotřebou a omezenými zdroji fosilních paliv představuje jaderná energie důležitou roli na poli celosvětové produkce elektrické energie.

První pochybení o jaderné energii se začala objevovat po Černobylské jaderné havárii z roku 1986. Lidstvo zjistilo, jak může být jaderná energie nebezpečná a tak v následujících letech dochází ke stagnaci jaderného průmyslu a poklesu podpory veřejnosti. Přesto se jaderná energie stává nedílnou součástí dnešní energetiky. Do 21. října 2011 podle Světové nukleární asociace WNA (World Nuclear Association) činil poměr výroby elektrické energie z jaderných elektráren 14% z celkové světové produkce. V tomto roce ale přichází pro jadernou energii další rána a to v podobně jaderné havárii ve Fukušimě Daiči v Japonsku.

Tato bakalářská práce se bude zabývat vývojem jaderné energetiky v Německu před a po zmiňované havárii v Japonsku.

V první části práce bude stručně popsána jaderná elektrárna Fukušimě Daiči a následně bude popsán sled událostí vedoucí k jedné z největších jaderných katastrof.

V další části bude popsána situace Německa před havárií ve Fukušimě Daiči, kdy o odstoupení od jaderné energetiky uvažovalo Německo již na konci dvacátého století. Zde bude rozebrána koncepce německé elektroenergetiky a její vývoj až do osudné havárie v Japonsku.

Veřejnost začala vnímat jadernou energetiku jako příliš nebezpečnou a požadovala od ní ústup. Německo tak hned po jaderné havárii v Japonsku, neprodleně uzavřelo svých osm jaderných elektráren. Celkem tak přišla o 8 GW elektrického výkonu. Dalších devět jaderných elektráren má být odstaveno do roku 2022.

V posledních dvou částech této bakalářské práce budou popsány energetické zdroje určené pro náhradu jaderné energie a problémy s tím spojené, jako je výstavba nové rozvodové sítě.

2

Jaderná havárie Fukušima Daiči

2.1 Popis jaderné elektrárny Fukušima Daiči

Jaderná elektrárna Fukušima Daiči se nachází v prefektuře Fukušima na severovýchodě největšího ostrova Japonska Honšú. Výstavba této elektrárny započala v roce 1966 a její první reaktor byl spuštěn v roce 1970, komerčního provozu se elektrárna dočkala 26. května 1971. Do roku 2011 patřila mezi dvacet nejvýkonnějších jaderných elektráren na světě s celkovým výkonem 4696 MW. Elektrárna byla tvořena šesti bloky jaderných reaktorů s typovým označením BWR, nebo-li jedná se o varné reaktory dodané firmou General Electric. Elektrárnu vlastní a provozuje společnost TEPCO (Tokyo Electric Power Company), která patří mezi pět největších elektrárenských společností na světě a ovládá asi třetinu trhu v Japonsku. Společnost TEPCO ještě před havárií plánovalo jadernou elektrárnu Fukušima Daiči rozšířit o další dva reaktory typu ABWR, které měly být uvedeny do provozu v říjnu 2016 respektive 2017. Výkon jednotlivých reaktorů měl být 1380 MW. Tento plán byl ovšem po zemětřesení a následné havárii zrušen v dubnu 2011.

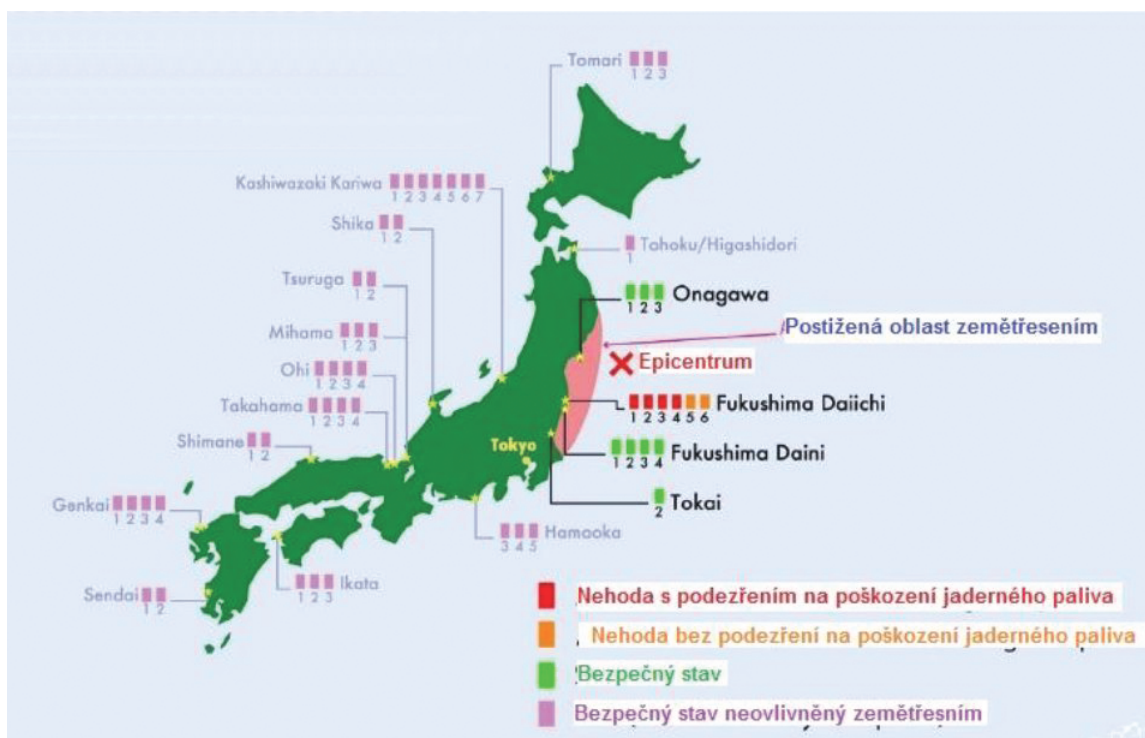
Blok	Reaktor	Komerční provoz	Výkon[MW]	Dodavatel
1	BWR-3	26. květen 1971	460	General Electric
2	BWR-4	18. červenec 1974	784	General Electric
3	BWR-4	27. květen 1976	784	Toshiba
4	BWR-4	12. říjen 1978	784	Hitachi
5	BWR-4	18. duben 1978	784	Toshiba
6	BWR-5	24. říjen 1979	1 100	General Electric

Tab. 2.1: Základní informace o jednotlivých blocích v JE Fukušima Daiči |Převzato z [1]|

2.2 Popis havárie jaderné elektrárny Fukušima Daiči

2.2.1 Zemětřesení a tsunami

Dne 11. března 2011 v 14:46 bylo Japonsko zasaženo zemětřesením o síle 9° Richterovy stupnice s epicentrem ve vzdálenosti cca 150 km od východního pobřeží Japonska. Kromě vlastních otřesů na pevnině, které způsobily prvotní devastaci budov a přílehlé infrastruktury, zemětřesení vyvolalo následnou přílivovou vlnu (tzv. tsunami) ve výši od pěti do třiceti pěti metrů, která způsobila další destrukci vnitrozemí až do vzdálenosti cca 10 km od pobřeží[2]. Hodinu a půl po zemětřesení bylo úderem několika po sobě jdoucích vln zasaženo a poškozeno celkem 670 kilometrů japonského pobřeží[4].



Obr. 2.1: Statut jaderných elektráren v Japonsku po zemětřesení |Převzato z [3]|

Z obrázku 2.1 je patrné, že vlna tsunami nezasáhla pouze jadernou elektrárnu Fukušima Daiči, ale i další tři jaderné elektrárny nacházející se na severovýchodním pobřeží Japonska.

Jednalo se o elektrárny[5]:

- Fukušima Daini – má čtyři varné reaktory BWR-5 o elektrickém výkonu 1 100 MW a v době zemětřesení byly všechny v činnosti; jaderná elektrárna je vzdálená 11 kilometrů jižně od elektrárny Fukušima Daiči.
- Onagawa – jeden reaktor s elektrickým výkonem 524 MW a dva další s výkonem 825 MW. Všechny byly v činnosti.

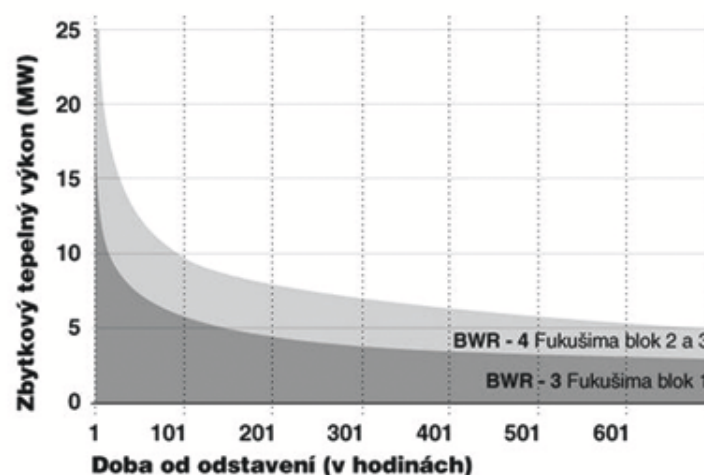
- Tokai – 2 – s jedním reaktorem BWR-5 o výkonu 1 100 MW, který byl také v době zemětřesení v provozu.

Tyto tři elektrárny dosáhly bezpečného stavu, přešly do odstavného stavu, když teplota v jejich aktivní zóně reaktoru klesla pod 100°C.

2.2.2 Sled událostí v JE Fukušima Daiči

Jaderná elektrárna Fukušima Daiči měla v době zemětřesení v provozu tři reaktory. Jednalo se o reaktory číslo 1, 2 a 3, zatímco na reaktorech 4, 5 a 6 probíhala pravidelná údržba. Všechny reaktory, které byly v momentu zemětřesení v provozu byly v prvních okamžicích zemětřesení odstaveny díky seismickým čidlům, bez vážnějšího poškození jejich budov a technologie. Současně se automaticky nastartovalo 14 záložních diesellových agregátů, jakmile došlo k výpadku elektrické sítě. V krátké době po zemětřesení však lokalitu zasáhla mohutná vlna tsunami, která značně přesáhla výšku 6 m s níž se v projektech počítalo. Příval 14-15 metrové vlny mořské vody však způsobil, že jaderná elektrárna Fukušima Daiči přišla o tyto nouzové zdroje elektrického napájení. Elektrárna se tak ocitla bez jakéhokoli zdroje elektrické energie pro vlastní spotřebu, tj. v podmínkách tzv. blackoutu[2].

I po vypnutí štěpné jaderné reakce se v palivu stále produkuje energie rozpadem radioaktivních jader, která v palivu i okolním materiálu vznikla v průběhu činnosti reaktoru. Většinou jde o rozpad beta. Takže po zastavení řetězové štěpné reakce je teplo produkováno právě přeměnou energie uvolněné v těchto reakcích. I když je velikost takto produkováného tepla řádově menší než je produkce tepla pracujícího reaktoru, i tak jde o dost vysoký tepelný výkon[5]. Jak je znázorněno na obrázku 2.2, byl zbytkový tepelný výkon u bloku 2 a 3 po hodině od odstavení reaktoru stále vysoký (25 MW). U bloku 1 byl tepelný výkon menší (15 MW).



Obr. 2.2: Zbytkový tepelný výkon reaktorů po odstavení v závislosti na čase [Převzato z [6]]

Poslední možností jak odvádět teplo z aktivní zóny reaktoru bylo přepnutí systému na záložní baterie. Tyto baterie však mají omezenou dobu činnosti v řádu hodin. Teplo už ale nebylo tak efektivně odváděno a tak docházelo k ohřívání. Tím se i zvyšoval tlak uvnitř reaktoru. Chlazení na bloku 1 bylo zajišťováno cirkulací vody zkondenzované z vodní páry. Na bloku 2 a 3 bylo chlazení zajišťováno turbočerpadlem poháněným parou generovanou ze zbytkového tepla v reaktoru. Nicméně v bloku 1 docházelo k úbytku vody v reaktoru, jejímu přeměňování na páru a tím zároveň k zvyšování tlaku. Pro jeho snížení byla upouštěna radioaktivní pára z kontejnmentu, kvůli obavě z jeho poškození. Tím docházelo k postupnému odhalování palivových tyčí a zároveň k nárůstu teploty. Palivové tyče se nejčastěji pokrývají vrstvou zirkonia, které má jako hlavní funkci zachycovat radioaktivní jádra vznikajících ve štěpných reakcích. Problém nastává ovšem v momentu, kdy teplota stoupne nad 800°C. Začne probíhat exotermická reakce, kdy vrstva pokrytí (zirkonium) začne oxidovat a vzniká oxid zirkoničitý a vodík.



Zároveň se produkuje teplo, čímž se proces ohřevu paliva zrychluje. Na bloku 1 docházelo k čím dál většímu a rychlejšímu úbytku vody a zvyšování tlaku. Bylo nutné tlak upouštět a jelikož radioaktivní pára obsahovala i velmi hořlavý vodík, došlo 12. března 2011 v 15:36 k výbuchu. Ten zničil reaktorovou budovu, ale při tomto výbuchu nedošlo k poškození primárního kontejnmentu a ztrátě jeho hermetičnosti. Pět hodin po výbuchu bylo zahájeno vstřikování mořské vody do aktivní zóny reaktoru, i když to znamenalo zničení reaktorů. Mořská voda totiž působí korozivně a reaktorová nádoba, která musí být dokonale bez poškození, je tak znehodnocena. Do doplňované mořské vody se přidával bór, který intenzivně pohlcuje neutrony a preventivně tak zabraňuje vzniku štěpné reakce v nějakém místě[5].

Dne 13. března 2011 v 5:58 selhává dodávka vody u havarijního chlazení aktivní zóny bloku 3. Brzy dochází k podobnému obnažení palivových tyčí, nárůstu teploty a tlaku jako u bloku 1. Dochází k otevírání prepouštěcího ventilu tlakové nádoby a vstřikování mořské vody s kyselinou boritou do reaktoru. Přesto podobně jako u bloku 1 dochází k explozi vodíku dne 14. března 2011 v 11:01. Při tomto výbuchu opět nedošlo k poškození primárního kontejnmentu, ale byly poškozeny agregáty, které byly využívány k pumpování vody do druhého reaktoru.

Výbuchem na bloku 3 a poškozením agregátů pak 14. března selhává chladicí systém i na bloku 2. Opět se japonští inženýři snažili zchladit reaktor vstřikováním mořské vody. V bloku 2 však také dochází k explozi, tentokrát ale v primárním kontejnmentu. Ten je tak částečně poškozen a nastává nekontrolovatelný únik plynů a štěpných produktů. To byl také hlavní zdroj radioaktivního zamoření, se kterým se nyní okolí Fukušimy potýká.

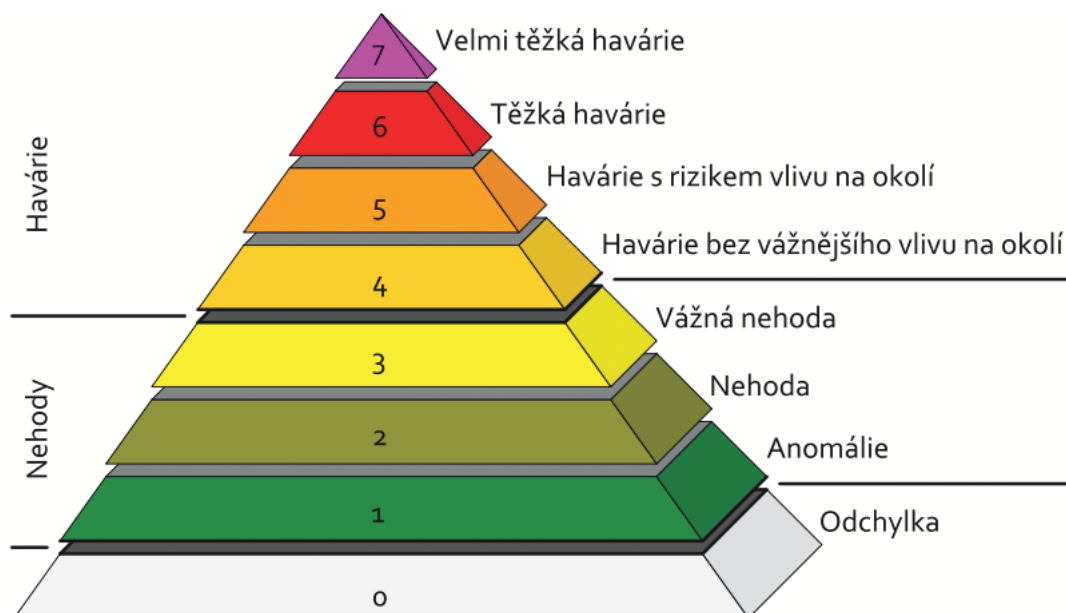
Zároveň došlo i k poškození reaktorové budovy bloku 4 a požáru, který souvisel s jeho bazénem s vyhořelým palivem, který je v budově reaktoru, ale vně primárního kontejnmentu. Přitom byl čtvrtý blok odstaven 30. listopadu 2010 z důvodů výměny paliva v

reaktoru, ale vyhořelé palivo bylo poměrně nedávno uloženo do bazénu (10. prosince 2010). V případě bazénů s vyhořelým palivem je jiný časový vývoj situace než v případě reaktoru. Jejich tepelný výkon je už relativně malý, ale i jeho pokles je v rámci dnů nepatrný. Ve vyhořelém palivu jsou totiž i dlouhodobé radioaktivní izotopy s poločasem rozpadu v řádu stovek dní až několik let. Bez cirkulace se tak voda v bazénu ohřívá a vypařuje. Proces je sice pomalejší, takže je více času pro jeho řešení, ale nelze jej odkládat příliš dlouho[5]. Zde tedy došlo k podobné situaci jako v reaktorech 1,2,3, kdy došlo k explozi vodíku. Reaktorová budova byla poškozena a 16. března u ní došlo k dalšímu požáru.

U odstavených bloků 5 a 6 se situaci podařilo vyřešit i díky tomu, že jeden z diesellových agregátů vlnu tsunami přežil. Dne 21. března 2011, krátce po tom co se do areálu elektrárny podařilo přivést elektřinu, se u bloků 5 a 6 dosáhlo stavu studeného odstavení reaktorů a normálního chlazení bazénů. Brzy se pak také podařilo dosáhnout standardního průběhu chlazení s odvodem tepla do moře.

2.3 Klasifikace jaderné havárie

Pro hodnocení následků nehod na jaderných elektrárnách byla zavedena Mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných událostí INES (The International Nuclear Event Scale)[3]. Tato stupnice byla zavedena v roce 1990 Mezinárodní agenturou pro atomovou energii (IAEA). Tato stupnice je osmistupňová, rozdělená na tři kategorie: odchylka, nehoda a havárie (viz. obr. 2.3).



Obr. 2.3: Mezinárodní stupnice jaderných událostí |Převzato z [7]|

Dne 12. března 2011 byla japonským úřadem pro jadernou bezpečnost stanovena úroveň havárie jako stupeň 4. V případě Fukušimské jaderné elektrárny Daiči byl stupeň 4 udělen díky významnému poškození zařízení, konkrétně díky částečnému tavení aktivní

zóny reaktoru. Tento stupeň se ovšem týkal pouze havárie na bloku 1. Později se havárie na bloku 1 zhoršila a rozšířila se i na další bloky. Proto Japonská agentura pro jadernou bezpečnost překlasifikovala 18. března 2011 stupeň havárie na stupeň 5 pro bloky 1, 2 a 3.[8] K tomuto kroku přispěl fakt, že z elektrárny po výbuších na bloku 1, 2 a 3 unikl radioaktivní materiál. Požár na bloku 4 byl téhož dne klasifikován jako stupeň 3. Dne 12. dubna 2011 došlo k poslednímu překlasifikování havárie na nejtěžší stupeň a to na stupeň 7, čili na velmi těžkou havárii. K tomuto rozhodnutí přispěl fakt, že objem radiace unikající z reaktorů dosahoval hodnoty až 630 000 [TBg], což je bráno za únik velkého množství radioaktivních materiálů. Tím se havárie ve Fukušimě Daiči řadí k nehorším jaderným nehodám v historii vedle Černobylské jaderné havárie z 26. dubna 1986.

3

Německo před jadernou havárií ve Fukušimě Daiči

Důležité je zmínit fakt, že německé rozhodnutí o odstoupení od jaderné energetiky nezpůsobily události z 11. března 2011 ve Fukušimě Daiči. Protijaderná atmosféra byla vytvořena již v předchozích letech.

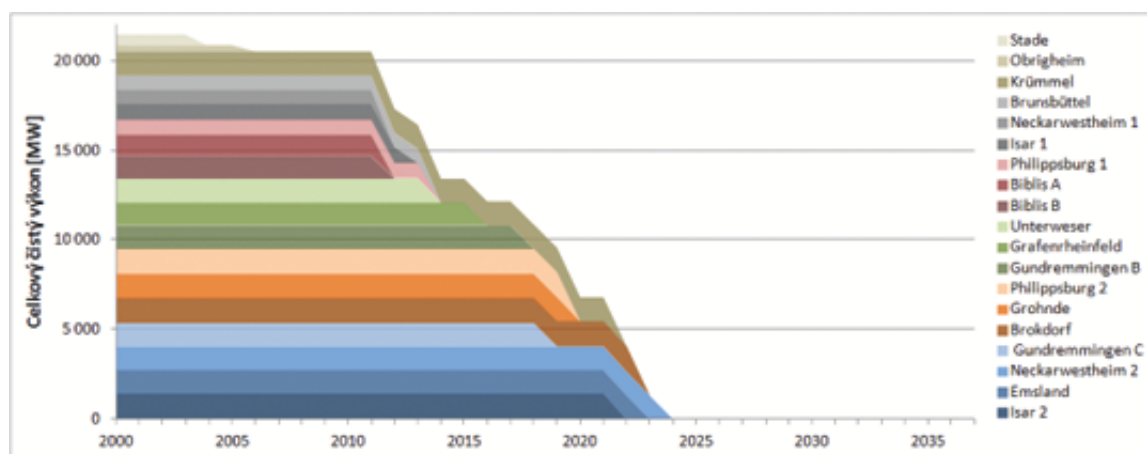
3.1 Začátky jaderné energetiky v Německu

Jaderná energetika v Německu se začala vyvíjet kolem roku 1960, kdy vstoupil v platnost zákon o podpoře jaderné energie. Téhož roku se začalo uvažovat o výstavbě jaderné elektrárny v západním Berlíně. Tento projekt byl ale o dva roky později zrušen. Díky ropné krizi v sedmdesátých letech 20. století získává jaderná energie podporu a vede k výstavbě několika nových jaderných elektráren. V roce 1975 dochází k prvním protestům proti výstavbě JE Wyhl v jihozápadním Německu. Protestů se účastnilo kolem 30 000 demonstrantů a výstavba JE Wyhl se nikdy neuskutečnila[9]. Další protijaderná atmosféra rostla po krizi JE Three Mile Island v Harrisburgu v Pennsylvanii (USA) v roce 1979 a po jaderné havárii v Černobyli z roku 1986. Poslední nová jaderná elektrárna byla uvedena do provozu v roce 1989.

3.2 Energetická koncepce německé vlády

Po volbách na podzim roku 1998 vítězná sociálnědemokratická strana SPD vytvořila koalici se Stranou zelených pod vedením kancléře Gerharda Schrödera. Téhož roku nový ministr životního prostředí Jürgen Trittin ze Strany zelených oficiálně oznámil svůj úmysl vyřadit z provozu jaderné elektrárny a tuto ztracenou energii kompenzovat z obnovitelných zdrojů. V roce 2000 pak německá vláda uzavřela dohodu s provozovateli jaderných elektráren o postupném ukončení jaderné energie a v následujícím roce došlo k podpisu kompromisní smlouvy. Podle dohody měly být jaderné elektrárny v Německu odstavovány

po 32 letech provozu, dále vláda zakázala výstavbu nových jaderných reaktorů. V té době bylo v Německu v provozu celkem 19 jaderných elektráren. Další důležitý politický krok k ukončení jaderné energie se stal 27. 4. 2002, kdy vstoupil v platnost zákon pro řízení ukončení využívání jaderné energie pro komerční výrobu elektřiny. Tím byla uzákoněna dohoda z roku 2000. Zákon stanovil, že jaderné elektrárny musí být odstaveny z provozu po uplynutí průměrné doby provozu 32 let. Elektrárenským společnostem byly určeny kvóty pro jednotlivé reaktory. Celková kvóta elektřiny vyrobené v jaderných elektrárnách byla určena na 2 623 TWh. Současně bylo umožněno přesouvat zbývající kvótu mezi jednotlivými reaktory[10].



Obr. 3.1: Postupné snižování výkonu jaderných elektráren v Německu podle novely atomového zákona z roku 2002 |Převzato z [10]|

Po uzákonění dohody z roku 2000 došlo dne 14. listopadu 2003 k uzavření první JE Stade o výkonu 640 MW. Provozovatelem této JE byla společnost E.on, která o ukončení provozu rozhodla již v roce 2000, kdy zákon o ukončení jaderných elektráren ještě nebyl v platnosti. Hlavním důvodem odstavení této JE bylo dle společnosti technologická zastaralost a nevýhodný poměr výkonu a nákladů. Dne 11. května 2005 došlo k ukončení provozu další jaderné elektrárny - konkrétně JE Obrigheim o výkonu 340 MW, která byla uvedená do provozu v roce 1969. Obě tyto jaderné elektrárny měly reaktor typu PWR - jedná se o tlakovodní reaktor. Celkem (včetně JE Stade a JE Obrigheim) odstavilo Německo do roku 2010 devatenáct jaderných elektráren, z nichž jedenáct již bylo zbouráno.

JE	Reaktor	Připojení k síti	Výkon[MW]	Provozovatel	Ukončení provozu
Stade	PWR	1972	640	E.ON	14. listopadu 2003
Obrigheim	PWR	1968	340	KWO	11. května 2005

Tab. 3.1: Základní informace o jednotlivých JE uzavřených mezi rokem 2000 a 2011

Německo tak po uzavření dvou jaderných elektráren naplňovalo plán k celkovému odstavení jaderné energetiky. Postupně se však ukázalo, že představa ukončení jádra do roku 2022 a nahrazením energií z obnovitelných zdrojů, nebyla příliš realistická. Přestože se

produkce neustále rozšiřovala a byla silně dotována, v roce 2008 měla energie z obnovitelných zdrojů podíl 7 % z celkové energetické bilance. Jaderná energie však měla 23 %. Pořád tu byl i závazek snižovat emise oxidu uhličitého. Navíc pokud by došlo k uzavření všech jaderných elektráren, vedlo by to k velkému zvýšení závislosti na dovozu zemního plynu a uhlí. Tím pádem by rostla i cena elektřiny.

A tak 28. října 2010 nová koalice v čele s kancléřkou Angelou Merkelovou i přes silné veřejné protesty přijala novelu zákona o mírovém využívání jaderné energie, která prodloužila životnost stávajících jaderných elektráren v průměru o 12 let. Díky této novele se prodloužila doba potřebná k přechodu k nejaderným zdrojům, ale i prostředky na do-tování výstavby obnovitelných zdrojů. Součástí novely totiž bylo ujednání s provozovateli jaderných elektráren, kteří nově museli platit daň ve výši 145 EUR za gram použitého jaderného paliva. Počítalo se s celkovým příjmem zhruba 2,3 mld. EUR ročně.

JE	Reaktor	Připojení k síti	Výkon[MW]	Plánované ukončení	
				z roku 2001↓	z roku 2010
Biblis-A	PWR	1975	1167	2008	2016
Neckarwestheim-1	PWR	1976	785	2009	2017
Brunsbüttel	BWR	1977	771	2009	2018
Biblis-B	PWR	1977	1240	2011	2018
Isar-1	BWR	1979	878	2011	2019
Unterweser	PWR	1979	1345	2012	2020
Phillipsburg-1	BWR	1980	890	2012	2026
Kruemmel	BWR	1984	1260	2016	2030
Grafenrheinfeld	PWR	1982	1275	2014	2028
Gundremmingen-B	BWR	1984	1284	2016	2030
Gundremmingen-C	BWR	1985	1288	2016	2030
Grohnde	PWR	1985	1360	2017	2031
Phillipsburg-2	PWR	1985	1392	2018	2032
Brokdorf	PWR	1986	1370	2019	2033
Isar-2	PWR	1988	1400	2020	2034
Emsland	PWR	1988	1329	2021	2035
Neckarwestheim-2	PWR	1989	1305	2022	2036

Tab. 3.2: Nový plán odstavení jaderných elektráren po 28. říjnu 2010 |Převzato z [11]|

4

Německo po jaderné havárii ve Fukušimě Daiči

Ihned po událostech v jaderné elektrárně Fukšima Daiči bylo v Německu rozhodnuto o pozastavení rozhodnutí z 28. října 2010 (viz. kapitola 3.2) a vyhlášení tříměsíčního moratoria na sedmi nejstarších německých jaderných elektrárnách uvedených do provozu před rokem 1980. Jednalo se o JE: Biblis A, Biblis B, Brunsbüttel, Isar 1, Neckarwestheim 1, Philippsburg 1 a Unterweser. Celkem byly z provozu odstaveny jaderné elektrárny o čistém elektrickém výkonu 7076 MW. [10] Mimo těchto sedmi jaderných elektráren byla již před jadernou havárií v Japonsku v dlouhé odstávce jaderná elektrárna Kümmel. Kancléřka Angela Merkelová vyhlásila rychlé odstoupení od jádra a návrat k původnímu plánu uzavírání jaderných elektráren.

Kvůli aktuálním problémům jaderných zařízení v Japonsku se kabinet kancléřky Merkelové dostal pod tlak opozice a veřejnosti, která nesouhlasila s oddálením odstavení německých jaderných reaktorů v průměru o 12 let [12]. První demonstrace se objevila už 12. března 2011, kdy kolem 60 000 lidí vytvořilo živý řetěz ze Stuttgartu k jaderné elektrárně Neckarwestheim. Nejednalo se zde o reakci na havárii ve Fukušimě z 11. března 2011, jelikož v té době se teprve dostávaly informace o problémech jaderné elektrárny na veřejnosti, ale jednalo se o vyjádření nesouhlasu s novelou atomového zákona prodlužující životnost jaderných elektráren v Německu. K dalším protestům docházelo ve větších městech, ale i v blízkosti jaderných elektráren. Největší protesty se konaly 26. března 2011, kdy ve čtyřech německých městech včetně Berlína demonstrovaly proti atomové energii desetitisíce lidí. Nejvyšší účast byla v Berlíně, kde podle organizátorů na 120 tisíc demonstrantů žádalo německou kancléřku Angelu Merkelovou, aby s rozhodnutím o ústupu od jaderné energetiky neotálela. [13]

Vláda se tedy rozhodla vrátit se k plánu odstavení jaderných elektráren z roku 2000. Dne 6. srpna 2011 pak vstoupil v platnost třináctý dodatek k zákonu o mírovém využívání jaderné energie [10], na jehož základě byly trvale odstaveny jaderné elektrárny uvedené do provozu před rokem 1980 a trvale odstavena JE Kümmel. (viz. Tab. 4.1)

JE	Reaktor	Připojení k síti	Výkon[MW]	Provozovatel
Biblis-A	PWR	1975	1167	RWE
Biblis-B	PWR	1977	1240	RWE
Brunsbüttel	BWR	1977	771	Vattenfall
Isar-1	BWR	1979	878	E.ON
Kruemmel	BWR	1984	1260	Vattenfall
Neckarwestheim-1	PWR	1976	785	EnBW
Phillipsburg-1	BWR	1980	890	EnBW
Unterweser	PWR	1979	1345	E.ON

Tab. 4.1: Německé jaderné elektrárny odstavené v březnu 2011 [Převzato z [11]]

Celkem tak bylo v roce 2011 odstaveno 8336 MW elektrického výkonu. Důležité je zmínit i fakt, že Německo je od roku 2003 čistým exportérem elektřiny. Celková produkce elektrické energie v Německu je v posledních letech zhruba 610 TWh, z čehož zhruba 20 TWh připadá na čistý export. Jaderné zdroje dodávaly přibližně 140 TWh a například v roce 2009 obnovitelné zdroje vyprodukovaly 74 TWh. [14] Objem prodané elektrické energie do zahraničí dosahoval 22,4 TWh a export směřoval hlavně do Rakouska a Švýcarska. I díky této skutečnosti si Německo mohlo dovolit odstavení těchto osmi jaderných elektráren bez rizika nepokrytí vlastní sítě.

V současné době je v provozu zbylých devět jaderných elektráren, které byly uvedeny do provozu mezi roky 1982 - 1989. Tyto mají ukončit svoji činnost podle zákona z roku 2001 do roku 2021 a tři nejmodernější pak v roce 2022 (viz. Tab. 4.2). Kvóty na dodatečné množství elektřiny přidělené jedenáctou novelou zákona byly zrušeny. [10]

JE	Reaktor	Připojení k síti	Výkon[MW]	Provozovatel	Ukončení
Brokdorf	PWR	1986	1370	E.ON	2021
Emsland	PWR	1988	1329	RWE	2022
Grafenrheinfeld	PWR	1982	1275	E.ON	2015
Grohnde	PWR	1985	1360	E.ON	2021
Gundremmingen-B	BWR	1984	1284	RWE	2017
Gundremmingen-C	BWR	1985	1288	RWE	2021
Isar-2	PWR	1988	1400	E.ON	2022
Neckarwestheim-2	PWR	1989	1305	EnBW	2022
Phillipsburg-2	PWR	1985	1392	EnBW	2019

Tab. 4.2: Německé jaderné elektrárny v provozu a jejich plánované odstavení [Převzato z [11]]

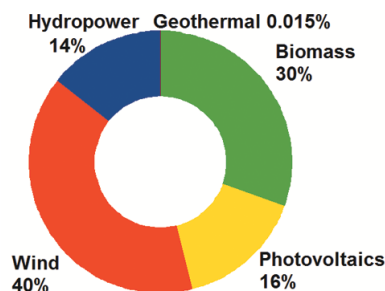
5

Nové zdroje elektrické energie Německa

Již od rozhodnutí německé vlády z roku 1998 o odstoupení od jaderné energie bylo propagováno (hlavně vládní stranou Zelených), že jaderná energie bude v budoucnu postupně nahrazována energií z obnovitelných zdrojů. To je však v této době technicky nereálné, a tak Německo bude v příštích desítkách let spoléhat na kombinaci větrných a fosilních zdrojů.

5.1 Obnovitelné zdroje

Hlavním tématem energetické politiky v Německu, ale i politiky Evropské unie, je maximální využívání obnovitelných zdrojů. Z ještě poměrně nedávno okrajových a spíše experimentálních technologií se zde stal významný sektor, který zajišťuje podstatnou část výroby elektřiny. V Německu má tento zdroj energie velkou podporu. V roce 2000 byl celkový podíl výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů téměř 7%. V roce 2012 byl ale celkový podíl výroby elektrické energie už 22,9%, přičemž největší podíl zastupuje větrná energie a biomasa, dále pak fotovoltaika a vodní energie.[15] Německo chce zvýšit podíl obnovitelných zdrojů energie do roku 2020 na 35% z dnešních 25% a do roku 2050 na 80%.



Obr. 5.1: Procentuální vyjádření výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů v roce 2011

[Převzato z [16]]

5.1.1 Větrné farmy

V SRN se staví a nebo již provozují větrné elektrárny převážně v přímořských oblastech nebo přímo v moři v severní části Německa. Zde jsou vhodné podmínky pro provozování takovéto elektrárny, díky stabilnějšímu a intenzivnějšímu větru. Zároveň lze vybrat lokality, které jsou dostatečně vzdálené od obydlených míst, kde lze využít velkou plochu a postavit výkonné větrné farmy s desítkami turbín.[17] Mořské větrné farmy jsou sice nákladnější na výstavbu, ale výkonnější. Tyto elektrárny dodávají o třetinu více elektřiny než pobřežní, protože vítr je na moři silnější a rychlejší.

První německá mořská větrná farma byla dokončena v roce 2009. Jde o farmu Alpha Ventus, která se nachází v Severním moři, 45 km od ostrova Borkum a její celkový výkon je 60 MW.[17] Vlastní jí společnosti EWE, E.ON a Vattenfall. Dne 2. května 2011 byla do komerčního provozu uvedena druhá mořská větrná farma Baltic 1 v Baltském moři společností EnBW (Energie Baden-Württemberg). Její celkový výkon jednadvaceti turbín je 50 MW. Baltic 1 je pilotním projektem před třemi dalšími větrnými parky, které chce EnBW v Severním a Baltském moři instalovat. Jejich celkový instalovaný výkon má být 1200 megawattů.[18] Se snahou nahradit energii z jaderných elektráren energií z obnovitelných zdrojů, německá vláda v květnu 2011 schválila dvacet pět projektů v Severním moři o celkovém výkonu 5,65 GW a tři v Baltském moři s celkovým výkonem 1,04 GW.

Za nespornou výhodu větrné energie patří fakt, že jejich negativní ekologické dopady jsou minimální. Ekologická rizika jsou spjata s výstavbou a likvidací po uplynutí životnosti. Další výhodou jsou minimální náklady na provoz a údržbu. Bohužel tento způsob energie nám nemůže dodat do sítě stálou hodnotu energie. Vše je závislé na povětrnostních podmínkách. Při silném větru dochází k problémům v rozvodných sítích, kdežto za mírného větru či bezvětří je nutné mít záložní elektrárnu, která je schopna velmi rychle naběhnout či zvýšit výkon. Obvykle se tato situace řeší vodními, plynovými a uhelnými elektrárnami. Nevýhodou elektrické energie je, že se špatně uchovává, respektive ji můžeme uskladňovat, ale dochází zde k nemalým ztrátám, což je neefektivní.

Větrné elektrárny v Německu dělíme na tzv. onshore a offshore, nebo-li elektrárny na pevnině a na moři. Podíl celkové výroby energie z roku 2012 byl u těchto elektráren 6,9%, což představuje u větrných elektráren onshore 45 325 GWh a u větrných elektráren offshore 675 GWh. Celkem má tedy větrná energie nejvyšší podíl výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů.

5.1.2 Solární energie

Solární energie z fotovoltaických panelů zažívá v Německu velký rozkvět a v oblasti produkce elektrické energie je na špičce světových žebříčků. Největšími solárními elektrárnami jsou: Senftenberg Solarpark, Finsterwalde Solar Park, Lieberose Photovoltaic Park, Strasskirchen Solar Park, Waldpolenz Solar Park, a Köthen Solar Park.[19] Všechny tyto elektrárny se nachází ve východním Německu poblíž hranic s Českou republikou. V roce

2011 se produkce solárních elektráren zvýšila o 60%. Podíl na celkové výrobě elektřiny tak přesáhl tři procenta, což představuje příspěvek ve výši 19 TWh. O rok později je pak podíl o procento a půl vyšší (28 TWh).[19]

Mohou za to štědré výkupní ceny garantované na 20 let. Vláda tak chtěla podpořit růst obnovitelných zdrojů energie, které měly postupně nahradit výrobu energie z fosilních paliv. Štědré podpory ovšem zvýšily ceny energie pro koncové zákazníky.[20] Německá vláda proto na začátku letošního roku schválila snížení státní podpory solární elektřiny u nových projektů až o 30 procent.

5.1.3 Biomasa

Biomasa je jedním z nejrozmanitějších obnovitelných zdrojů energie v SRN, který není závislý na roční době a aktuálnímu počasí. Podle Evropského statistického úřadu je Německo v popředí států, které pro výrobu energie využívá biomasu. Používá ji v pevné, kapalné nebo plynné formě pro výrobu elektrické energie a tepla a pro výrobu biopaliv. Zdaleka nejdůležitějším zdrojem bioenergie v Německu je dřevo, ať už ve formě dřevné štěpky či pelet. V průběhu posledních dvou desetiletí se tuzemská spotřeba dřeva neustále zvyšuje. V současné době na 130 miliónů metrů krychlových ročně. Celkem 77 miliónů metrů krychlových se používají pro výrobní účely a 53 miliónů metrů krychlových jde na výrobu energie.[21]

V současné době je podpora biomasy státem, jako u ostatních obnovitelných zdrojů v Německu, stále na vzestupu. V roce 2011 podíl celkové výroby elektrické energie z biomasy byl 6,2%, což představuje příspěvek zhruba 37,5 TWh. O rok později vzrostl podíl celkové výroby elektrické energie na 6,9%, což odpovídá téměř 41 TWh. Instalovaný výkon byl v roce 2011 7 324 MW, v roce 2012 byl 7 647 MW.

Značnou výhodou biomasy je fakt, že se zpravidla jedná o domácí zdroje. To napomáhá k snižování závislosti na zahraničních fosilních zdrojích. Další výhodou je snadná dostupnost a přenositelnost.

5.1.4 Vodní energie

Vodní energie patří k nejstarším zdrojům energie. Ještě před průmyslovou revolucí sloužila tato energie k provozování různých mlýnů a pil. Turbíny pak převáděly kinetickou a potenciální energii vodního proudu na mechanickou rotační energii, ta byla využívána k pohonu strojů, později pak k pohonu generátorů.

V SRN jsou v dnešní době vodní elektrárny využívány především na výrobu elektrické energie. Na konci roku 2006 bylo v Německu okolo 7600 vodních elektráren, z toho 7 300 malých elektráren a 354 středních a velkých elektráren. Všechny tyto elektrárny se převážně nacházejí v jižním Německu, kde největší potenciál vodní energie je v Alpském podhůří.[22]

V roce 2012 se vodní elektrárny v Německu podílely 3,6% na celkové výrobě elektrické energie, to odpovídá 21,2 GWh elektrické energie. Celkový instalovaný výkon byl v roce 2012 4 400MW.

I přes rostoucí význam obnovitelných zdrojů v SRN je podle německé energetické agentury DENA potenciál velkých vodních elektráren téměř vyčerpán. Přesto chce německá vláda investovat do tohoto obnovitelného zdroje. V dohledné době by mělo dojít k modernizaci a reaktivaci stávajících zařízení, zároveň má být postaveno několik menších vodních elektráren. Dále se přemýšlí o uplatnění mořské energie v severním Německu.

5.2 Fosilní zdroje energie

Po odchodu Německa od jaderné energie má podle dosavadního plánu německé vlády v roce 2022 země získávat 35% elektrické energie z obnovitelných zdrojů. Je však třeba myslet na zbylých 65%. Celkem 20 GW z odstavených jaderných elektráren (od roku 2000 do roku 2022) má být podle příznivců obnovitelných zdrojů nahrazeno výhradně energií z obnovitelných zdrojů, přičemž náhradu stabilních zdrojů pracujících v základní části denního diagramu zatížení nestabilními zdroji, pracujícími dle vůle matky přírody, považují za nepodstatnou drobnost, kterou technici budou muset nějak vyřešit.[23] Zatím ale nejsou žádné jiné možnosti, než tuto energii získávat z fosilních zdrojů energie. Fosilní zdroje energie se aktuálně podílejí 62% z celkové výroby elektrické energie v Německu.

SRN tedy uskutečňuje plán rudozelené koalice z roku 1998 (viz. kapitola 3.2) a od té doby se postavila řada uhelných a plynových elektráren, které mají jadernou energii nahradit (viz tab. 5.1).

Elektrárna	Výkon [MW]	Palivo	Uvedení do provozu
Irsching 4	530	zemní plyn	2011
Duisburg-Walsum 10	850	černé uhlí	2012
Boxberg Block R	675	hnědé uhlí	2012
Karlsruhe RDK 8	850	černé uhlí	2012
BoA Neurath 2a3	2 100	hnědé uhlí	2012
Hamm DaE	1 600	černé uhlí	2012
Lünen	750	černé uhlí	2012
Datteln 4	1 055	černé uhlí	2013
Mannheim 9	850	černé uhlí	2013
Wilhelmshaven	750	černé uhlí	2013
Hamburg Moorburg A	800	černé uhlí	2013
Hamburg Moorburg B	800	černé uhlí	2014

Tab. 5.1: Výstavby elektráren fosilních zdrojů za poslední dva roky |Převzato z [24]|

Letošní rok má být vzhledem k energetické koncepci Německa a zabezpečení výroby elektrické energie pro uhelnou energetiku rekordní. Německo totiž v letošním roce uvede do provozu nejvíce uhelných elektráren za poslední dvě desetiletí. Tyto elektrárny o výkonu 5 300 MW budou především určeny pro pološpičkový a špičkový provoz v rámci denního diagramu zatížení. Zároveň ale budou odstaveny starší uhelné elektrárny o celkovém výkonu 1 000 MW. To je dáno hlavně politikou radikálního snižování oxidu uhličitého.

5.2.1 Hnědé uhlí

Hnědé uhlí, jinak taky známé jako lignit, bude pravděpodobně i nadále významnou součástí energetického mixu Německa. Důležitý je po SRN fakt, že hnědé uhlí je jeho domácí surovinou díky obrovským nalezištím především v západním Německu, dovoz této suroviny tak odpadá. Naopak je SRN jedním z největších exportérů. Německo produkuje více než 15 procent své energie spalováním hnědé uhlí.

Tato surovina je ale považována za hlavního zabijáka klimatu a je brána jako příčina klimatických změn. Současný ekonomický stav ale naopak podporuje růst hnědouhelných elektráren. Může za to hlavně systém evropského obchodování s emisními povolenkami (ETS). Tento mechanismus zavedl systém kvót na emise skleníkových plynů, které může firma vypouštět do ovzduší a jednotlivým společnostem (včetně výrobců energie) přiděluje povolenky na emise oxidu uhličitého. Podniky, které sniží množství emisí, mohou nevyužité povolenky prodat firmám, které je naopak překročily. Ovšem tvůrci ETS nepočítali s tím, že se Evropa dostane do hospodářské krize, která podstatně snížila poptávku po elektřině. A tak výrobcům elektřiny zůstaly nevyužité povolenky, jejichž cena proto také klesla. V současné době se cena povolenky na tunu oxidu uhličitého pohybuje kolem 7 eur.[25]

5.2.2 Černé uhlí

Jak již bylo výše zmíněno, Německo má bohatá naleziště hnědé uhlí. Má ovšem i naleziště černého uhlí. Těžba černého uhlí v Německu je soustředěna v Ibbenbüren, Porúří a Sársku. Produkce černého uhlí se však postupně snižuje. V důsledku odstranění dotací je těžba surovin z hlubinných dolů nerentabilní.

S ohledem na snižující se těžbu této suroviny, dováží Německo černé uhlí ze zahraničí. V roce 2010 byl celkový objem dovezeného uhlí 43 miliónů tun, dovezených hlavně z Ruska. Díky prudkému nedávnému růstu cen dováženého uhlí se zvýšila možnost, že některé doly, které byly navrženy na uzavření, mohou se svojí produkcí opět začít.[26]

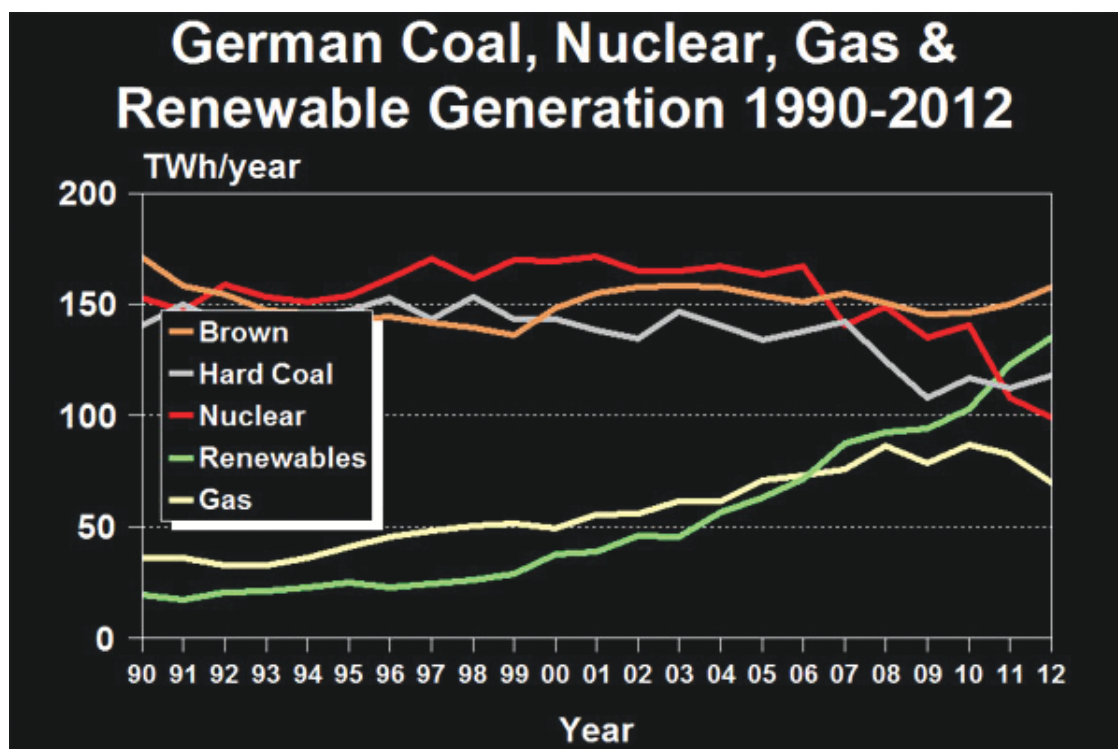
Se zvýšenou poptávkou po černém uhlí souvisí i to, že se v poslední době po oznámení o odchodu od jaderné energie, staví více černouhelných elektráren. Je to dáno i tím, že černouhelné elektrárny jsou díky lepšímu hoření černého uhlí menšími znečišťovateli, než elektrárny hnědouhelné. Černouhelné elektrárny se podílí na zhruba 15% výroby elektrické energie.

5.2.3 Zemní plyn

Zemní plyn jako zdroj elektrické energie měl po oznámení ústupu od jaderné energie před sebou perspektivní budoucnost. Plynové elektrárny byly brány jako přirozená náhražka jaderných elektráren, dokonce měly nahrazovat zastaralé a vysoce emisní uhelné elektrárny. Plynové elektrárny totiž produkují na jednotku energie zhruba polovinu množství oxidu uhličitého než elektrárny uhelné. Do roku 2010 počet a produkce těchto elektráren rostl, v letech 2011 - 2012 se ale produkce snížila.

Důvodem je nerentabilita způsobená Evropským systémem obchodování s povolenkami (ETS), a tím, že Evropa se dostala do hospodářské krize. Tím se snížila poptávka po elektřině a tak výrobcům energie zůstávaly nevyužité povolenky, které ztrácely na hodnotě (viz. kapitola 5.2.1). Kdyby systém ETS fungoval, uhlí jakožto zdroj energie by nemělo žádnou šanci uspět ve srovnání se zemním plynem. V současné době se cena povolenky pohybuje kolem 7 eur, přičemž aby byla elektřina ze zemního plynu levnější než z uhlí, musela by podle technologického institutu v Karlsruhe stát jedna povolenka zhruba 35 eur.[25]

Dalším důvodem je dostupnost zemního plynu. Německo sice má určité zásoby zemního plynu, ale jeho těžba od roku 2004 postupně klesá. Většinu objemu zemního plynu vzhledem ke spotřebě potřebuje dovážet. Největší import přichází z Ruska, Norska a Nizozemí.



Obr. 5.2: Energetický mix mezi roky 1990 až 2012 |Převzato z [27]|

6

Ekonomické dopady odstoupení Německa od jaderné energie

6.1 Přenosové sítě

Německo stojí před problémem svých přenosových sítí. Nakolik bude elektřina z jaderných zdrojů nahrazena zdroji obnovitelnými, závisí na tom, jak rychle a kolik se podaří postavit vedení velmi vysokého napětí. Důležitý je hlavně rozvod z větrných farem na severu do průmyslového středu a jihu Německa. Prozatím jsou přenosové sítě kvůli nekontrolované expanzi obnovitelných zdrojů a téměř neexistující výstavbě nových vedení stále nestabilnější.

V posledních letech německá elektrická soustava ohrožovala i Českou republiku. Proud vyrobený v Německu se totiž občas odklání přes Českou republiku a zde dochází k přetěžování elektrické sítě. Množství vyrobené elektřiny totiž určuje obecně spotřeba, v případě výroby z obnovitelných zdrojů to ale neplatí. Problém obnovitelných zdrojů je v tom, že výroba elektřiny z jejich zdrojů se nedá regulovat. Větrné elektrárny vyrábějí proud, když fouká vítr, neřídí se ale spotřebou.

Výstavba nového elektrického vedení je často spjata s dlouholetým administrativním vyjednáváním. Obvykle jde o výkupy potřebných pozemků, které jsou ale často doprovázeny protesty okolních občanů a nebo ekologických skupin. Výsledkem je, že v Německu probíhá schvalovací proces výstavby nových linek zhruba deset let.

Spolková energetická agentura (DNA) v rámci rozsáhlého výzkumného programu zjistila, že pokud energie z obnovitelných zdrojů dosáhne celkového podílu energetického mixu 39%, bude nutné vybudovat 3 600 km nadzemních vedení velmi vysokého napětí. Odhadované náklady činí 9,7 miliardy eur.[28]

6.2 Celkové náklady Německa po odstavení jaderné energie

I pro hospodářsky silnou zemi, jakou je Německo, je změna energetického systému velmi nákladnou záležitostí. Německý ministr životního prostředí Peter Altmaier letos v únoru ohlásil, že náklady na reformu energetického sektoru do roku 2030 by se mohly vyšplhat až na bilion eur.[29] Přitom studie z minulých let ukazovali až o polovinu nižší částku.

Je to hlavně dáno tím, že takováto změna může být provedena až v horizontu několika desetiletí. Je třeba vystavit nové elektrárny, rozvodné sítě a najít vyvážený systém energetické koncepce tak, aby byly splněny nároky na elektrickou energii. Zároveň se ale v průběhu těchto let různě mění ekonomické strategie. Podobným případem jsou například emisní povolenky (viz. kapitola 5.2.1).

Německé vládě se pak tedy nevyplácí budování nových plynových elektráren, ale hromadně budují elektrárny uhelné. Dokonce společnost E.ON chtěla pozastavit produkci elektrické energie v nově postaveném bloku plynové elektrárny Irsching, jelikož provoz této elektrárny nebyl rentabilní.[30]

Na celkových nákladech se odráží i státní dotace obnovitelných zdrojů. Německá vláda se snaží podpořit růst obnovitelných zdrojů energie tak enormně, že v letošním roce musela například řešit obrovské navýšení solární energie za poslední dva roky snížením této dotace o 30%. Rozkvět solární energetiky v Německu podpořily hlavně štědré výkupní ceny garantované na 20 let. To má však neblahý dopad na německou ekonomiku. Díky garantovanému výkupu solární energie dochází k navyšování cen elektřiny. To má ovšem neblahý vliv jak na obyčejné občany, ale i na velké průmyslové podniky, které už začínají přemýšlet o přemístění.

7

Závěr

Vnímání jaderné energetiky veřejností mělo po událostech z 11. března 2011 ve Fukušimě Daiči neblahý dopad. Veřejnost dnes vnímá jadernou energii za velmi nebezpečnou a to hlavně díky médiím. Zajímavostí při tom je i fakt, že při jaderné havárii ve Fukušimě Daiči nezemřel, ani nebyl vystaven nadměrnému radioaktivnímu záření, žádný člověk. Oběti až desítky tisíc si ale vyžádalo zemětřesení a následná vlna tsunami. Pro analýzu této havárie je přitom dobré brát v úvahu i pozitivní stránky. Například že při zemětřesení byly automaticky odstaveny všechny reaktory a že zemětřesení tyto reaktory neponičilo. To značí, že dnešní jaderné elektrárny jsou na vysoké úrovni bezpečnosti. Dále bych zmínil i včasnou evakuaci lidí, žijících v blízké oblasti elektrárny. Samozřejmě je ale jasné, že na bezpečnosti jaderných elektráren se stále musí pracovat. Bezpečnostní plán jaderné elektrárny Fukušima sice obsahoval i ochranu proti tsunami, ale byla brána v úvahu maximální výška vln šesti metrů. Výška vln tsunami ale tuto hodnotu překročila více jak dvojnásobně.

Reakce na tuto havárii nenechaly na sebe dlouho čekat. Státy jako Německo, Švýcarsko či Itálie se rozhodly vyřadit jadernou energetiku ze svého budoucího plánu výroby elektrické energie a hledat nové zdroje energie.

V Německu protestovalo až několik stovek lidí a požadovali po své současné vládě odchod od jádra. SRN odchod od jádra již v minulosti deklarovalo (viz. kapitola 3.2) a to do roku 2022. Přitom před jadernou havárií v Japonsku odchod od jádra prodloužilo až do roku 2036. To svědčí o jisté nepřipravenosti německé energetické koncepce odchodu a náhrady jaderné energie uskutečnit tento krok již do roku 2022. Pod nátlakem veřejnosti ovšem vláda prodloužení životnosti jaderných elektráren zrušila. Ihned po jaderné havárii ve Fukušimě Daiči byl v Německu ukončen provoz osmi jaderných elektráren. Tím německo přišlo o 8 336 MW elektrického výkonu.

SRN ohlásilo, že chce jadernou energii nahrazovat obnovitelnými zdroji. To je balzám na uši německých ekologů a aktivistů. Situace je ovšem trochu jiná. Německo sice mohutně podporuje obnovitelné zdroje a dochází k výstavbě větrných a solárních elektráren, tyto zdroje energie jsou ale neregulovatelné. Proto dochází současně k výstavbě uhelných elektráren. Je zajímavé, že ekologům vzrůstající emise oxidu uhličitého nevadí. Ve vzdu-

chu tak visí otázka, jak se tento vývoj odrazí na evropské snaze výrazně omezit produkci oxidu uhličitého. Další zajímavostí je fakt, že Německo nutně potřebuje díky energii z obnovitelných zdrojů nové rozvodové sítě, které by přenášeli elektrickou energii z větrných farem ze severu do průmyslových oblastí středu a jihu Německa. Zde ale ekologičtí aktivisté opět vystupují a brání výstavbě této nové rozvodové sítě kvůli devastaci krajiny. Tím však paradoxně brání rozrůstání produkce z obnovitelných zdrojů.

Závěrem je ale nutné dodat několik důležitých aspektů. Německo je hospodářsky silnou zemí, která si díky tomu může odchod od jádra dovolit. Na rozdíl od Německa odchod od jaderné energie je v České republice v nejbližších letech nepravděpodobný. Německo má oproti ČR výhodu v širším poli oblasti využití energie z obnovitelných zdrojů a větších surovinových nalezišť.

Literatura

- [1] Jaderná elektrárna Fukušima I *Wikipedia: The Free Encyclopedia* [online] Poslední změna 4. 4. 2013 v 23:07. [Cit. 15. 5. 2013]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Jaderná_elektrárna_Fukušima_I
- [2] Souhrn průběhu nehody v JE Fukušima Dai-ichi *Státní úřad pro jadernou bezpečnost* [online] Poslední změna 2. 1. 2012 v 16:10. [Cit. 16. 5. 2013]. Dostupné z: http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/aktualne/souhrn_final_draft-2.pdf
- [3] TINKA, Ivan. Fukushima Daiichi: příčiny-průběh-následky *Co vás zajímá o nehodě elektrárny Fukušima 1* [online] Poslední změna 23. 3. 2011 v 8:51. [Cit. 16. 5. 2013]. Dostupné z: http://otazky-fukusima.cvrez.cz/web/sites/images/fukusima_priciny_prubeh_nasledky.pdf
- [4] Zemětřesení a tsunami v Tóhoku 2011 *Wikipedia: The Free Encyclopedia* [online] Poslední změna 12. 4. 2013 v 15:25. [Cit. 16. 5. 2013]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Zemětřesení_a_tsunami_v_Tóhoku_2011
- [5] WAGNER, Vladimír. Japonsko: přírodní katastrofa zasáhla čtyři jaderné elektrárny *Objective Source E-Learning* [online] Poslední změna 24. 3. 2011 v 9:33. [Cit. 16. 5. 2013]. Dostupné z: <http://osel.cz/index.php?clanek=5627>
- [6] KOBYLKA, Dušan. Jak chladne Fukušima a proč by se situace měla uklidňovat *technet.idnes.cz* [online] Poslední změna 18. 3. 2011 v 0:05. [Cit. 16. 5. 2013]. Dostupné z: http://technet.idnes.cz/jak-chladne-fukusima-a-proc-by-se-situace-mela-uklidnovat-pkb-/veda.aspx?c=A110316175123veda_mla
- [7] Mezinárodní stupnice jaderných událostí *Wikipedia: The Free Encyclopedia* [online] Poslední změna 19. 3. 2011 v 11:21. [Cit. 20. 5. 2013]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:INES_cs.svg
- [8] Havárie elektrárny Fukušima I *Wikipedia: The Free Encyclopedia* [online] Poslední změna 9. 5. 2013 v 11:09. [Cit. 20. 5. 2013]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Havárie_elektrárny_Fukušima_I

- [9] Nuclear power in Germany: a chronology *Deutsche Welle* [online] Poslední změna 10. 9. 2009 [Cit. 22. 5. 2013]. Dostupné z: <http://www.dw.de/nuclear-power-in-germany-a-chronology/a-2306337>
- [10] BECHNÍK, Bronislav Německý ústup od jádra *TZB-info* [online] Poslední změna 2. 7. 2012 [Cit. 22. 5. 2013]. Dostupné z: <http://energetika.tzb-info.cz/energeticka-politika/8772-nemecky-ustup-od-jadra>
- [11] Nuclear Power in Germany *World Nuclear Association* [online] Poslední změna duben 2013 [Cit. 22. 5. 2013]. Dostupné z: <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-G-N/Germany/>
- [12] Německo kvůli Japonsku mění postoj k jaderným elektrárnám *E15.cz* [online] Poslední změna 14. 3. 2011 v 18:05 [Cit. 25. 5. 2013]. Dostupné z: <http://zpravy.e15.cz/zahranicni/politika/unie-svolava-mimoradne-jednani-jadernych-expertu>
- [13] V Německu se proti jaderné energii bouřilo až 210 tisíc lidí. *E15.cz* [online] Poslední změna 26. 3. 2011 v 20:38 [Cit. 25. 5. 2013]. Dostupné z: <http://zpravy.e15.cz/zahranicni/udalosti/v-nemecku-se-proti-jaderne-energii-bourilo-az-210-tisic-lidi-539320>
- [14] WAGNER, Vladimír. Jak ovlivní Fukušima elektroenergetiku v Evropě? *Objective Source E-Learning* [online] Poslední změna 18. 5. 2011 v 17:06 [Cit. 29. 5. 2013]. Dostupné z: <http://www.osel.cz/index.php?clanek=5700>
- [15] Development of renewable energysources in Germany 2012 *Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety* [online] Poslední změna únor 2013 [Cit. 29. 5. 2013]. Dostupné z: <http://www.erneuerbare-energien.de/fileadmin/Daten/EE/Dokumente/PDFs/20130328/hgp'e'ppt'2012'fin'bf.pdf>
- [16] Germany renewable electricity generation percentage 2011 *Wikipedia: The Free Encyclopedia* [online] Poslední změna 23. 1. 2013 [Cit. 29. 5. 2013]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Germany_renewable_electricity_generation_percentage-2011.png
- [17] WAGNER, Vladimír. Větrné turbíny rostou (jako) z vody *Objective Source E-Learning* [online] Poslední změna 9. 5. 2011 v 18:07 [Cit. 29. 5. 2013]. Dostupné z: <http://www.osel.cz/index.php?clanek=5686>
- [18] Místo jádra vítr pro Němce. Merkelová podpořila čistou energii *byznys.ihned.cz* [online] Poslední změna 2. 5. 2011 v 16:03 [Cit. 30. 5. 2013]. Dostupné z: <http://byznys.ihned.cz/c1-51748130-misto-jadra-vitr-pro-nemce-merkelova-podporila-cistou-energii>

- [19] Solar power in Germany *Wikipedia: The Free Encyclopedia* [online] Poslední změna 4. 5. 2013 v 22:10 [Cit. 31. 5. 2013]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Solar`power`in`Germany](http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_power_in_Germany)
- [20] V Německu se vyrábí solární elektřiny tolik, že vláda musí rozvoj brzdit *byznys.ihned.cz* [online] Poslední změna 5. 1. 2013 v 17:19 [Cit. 31. 5. 2013]. Dostupné z: <http://byznys.ihned.cz/c1-59068500-v-nemecku-se-vyrabi-solarni-elektriny-tolik-ze-vlada-musi-rozvoj-brzdit>
- [21] General Information - Biomass *Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety* [online] Poslední změna - [Cit. 1. 6. 2013]. Dostupné z: <http://www.erneuerbare-energien.de/en/topics/biomass/general-information/>
- [22] General information - Hydropower *Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety* [online] Poslední změna - [Cit. 1. 6. 2013]. Dostupné z: <http://www.erneuerbare-energien.de/en/topics/hydropower/general-information/>
- [23] NEJEDLÝ, Petr. Německá cesta k energetice bez jádra *blog.idnes.cz* [online] Poslední změna 1. 5. 2011 v 12:52 [Cit. 1. 6. 2013]. Dostupné z: <http://nejedly.blog.idnes.cz/c/189659/Nemecka-cesta-k-energetice-bez-jadra.html>
- [24] NEJEDLÝ, Petr. Energetika vskutku za všechny prachy *blog.idnes.cz* [online] Poslední změna 21. 8. 2011 12:00 [Cit. 1. 6. 2013]. Dostupné z: <http://nejedly.blog.idnes.cz/c/206392/Energetika-vskutku-za-vsechny-prachy.html>
- [25] WÓJCIK, Łukasz. Ústup od jádra oživuje uhlí *Presseurop.eu - To nejlepší z evropského tisku* [online] Poslední změna 5. 9. 2012 [Cit. 1. 6. 2013]. Dostupné z: <http://www.presseurop.eu/cs/content/article/2640561-ustup-od-jadra-ozivuje-uhli>
- [26] Germany and coal *Source Watch* [online] Poslední změna 25. 4. 2013 v 17:46 [Cit. 1. 6. 2013]. Dostupné z: <http://www.sourcewatch.org/index.php?title=Germany`and`coal>
- [27] 2012 German Nuclear and Gas-Fired Generation Falls Further While Renewables Grow *German Energy Transition* [online] Poslední změna 20. 3. 2013 [Cit. 3. 6. 2013]. Dostupné z: <http://energytransition.de/2013/03/2012-energy-mix-analysis/>
- [28] NEJEDLÝ, Petr. I zelená elektřina potřebuje dráty *blog.idnes.cz* [online] Poslední změna 22. 1. 2011 v 16:37 [Cit. 4. 6. 2013]. Dostupné z: <http://nejedly.blog.idnes.cz/c/173954/I-zelena-elektrina-potrebuje-draty.html>
- [29] Odchod od jádra může Německo stát bilion eur *E15.cz* [online] Poslední změna 20. 2. 2013 v 9:53 [Cit. 4. 6. 2013]. Dostupné z: <http://zpravy.e15.cz/byznys/prumysl-a-energetika/odchod-od-jadra-muze-nemecko-stat-bilion-eur-958696>

- [30] NĚMECKO: Potíže plynových premiantů *lidovky.cz* [online] Poslední změna 21. 5. 2013 [Cit. 4. 6. 2013]. Dostupné z: [http://neviditelnypes.lidovky.cz/nemecko-potize-
plynovych-premiantu-d7g-/p'ekonomika.asp?c=A130520'110453'p'ekonomika'wag](http://neviditelnypes.lidovky.cz/nemecko-potize-plynovych-premiantu-d7g-/p'ekonomika.asp?c=A130520'110453'p'ekonomika'wag)