

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**  
**FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**Katedra elektroenergetiky a ekologie**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Vývoj energetických zdrojů a přenosových soustav  
v Evropě**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2015/2016

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Tomáš HRABA**  
Osobní číslo: **E14N0061P**  
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Elektroenergetika**  
Název tématu: **Vývoj energetických zdrojů a přenosových soustav v Evropě**  
Zadávací katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

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

1. Provedte posouzení výkonů a k tomu příslušných zdrojů ve vybraných evropských státech.
2. Popište zdrojovou základnu a možnosti evropských lokalit.
3. Provedte rozbor systému regulace výkonu jednotlivých typů elektráren.
4. Závěrem rozeberte budoucí rozvoj elektrické energie v globálním měřítku.

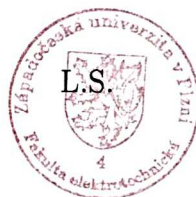
Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**  
Rozsah kvalifikační práce: **40 - 60 stran**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:


**Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.**

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Jiřina Mertlová, CSc.**  
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: **15. října 2015**  
Termín odevzdání diplomové práce: **16. května 2016**

  
Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.  
děkan



  
Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2015

## **Abstrakt**

Tato diplomová práce je zaměřena na analýzu energetických zdrojů a přenosových soustav v Evropě. V první kapitole je rozebráno propojení přenosových soustav v Evropě. Druhá kapitola se zabývá současným a budoucím rozvojem přenosových soustav v Evropě. Na ni navazuje kapitola, kde je zpracována problematika mezinárodních transferů elektřiny. Následně jsou rozebrány zdroje energie a potenciál evropských lokalit ve výrobě elektřiny z OZE. V závěru je popsán předpokládaný vývoj evropské energetiky do roku 2050.

## **Klíčová slova**

Evropská elektroenergetika, přenosová soustava, provozovatel přenosové soustavy, propojené přenosové soustavy, energetické zdroje.

**Abstract**

This thesis is focused on analysis of the power sources and the transmission systems in Europe. The first chapter contains analysis of the interconnected transmission system in Europe. The second chapter deals with actual and future expansion of the transmission system in Europe. Next chapter is about international transfers of electricity. Subsequent chapter describes power sources and individual potential of renewable sources of energy in the European region. In the end, there is described a hypothetical evolution of the power engineering in Europe till 2050.

**Key words**

Power engineering in Europe, transmission system, transmission system operator, interconnected transmission system, power sources.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

.....  
podpis

V Plzni dne 12.5.2016

Tomáš Hraba

## **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat všem, kteří byli nápomocni při zpracování diplomové práce. Zejména vedoucí diplomové práce Doc. Ing. Jiřině Mertlové, CSc., že byla vždy velice ochotna při poskytování praktických rad. Dále pak panu Ing. Richardu Habrychovi, Ph.D. za poskytnutí užitečných materiálů a jeho nesmírnou ochotu. V neposlední řadě patří mé poděkování také Mgr. Janě Ordáňové a Aleně Holečkové za korekturu textu.

## Obsah

<b>OBSAH</b> .....	<b>7</b>
<b>SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>1</b>
<b>ÚVOD</b> .....	<b>2</b>
<b>1 PROPOJENÉ ELEKTRIZAČNÍ SOUSTAVY V EVROPĚ</b> .....	<b>3</b>
1.1 OBECNÝ ROZBOR SYNCHRONNÍHO PROPOJENÍ .....	4
1.1.1 Výhody a nevýhody .....	4
1.1.2 Podmínky pro jednotlivé soustavy .....	5
1.1.3 Principy zde uplatňované .....	6
1.1.4 Nedodržení pravidel mezinárodní spolupráce .....	6
1.2 VÝVOJ PROPOJENÝCH ELEKTRIZAČNÍCH SOUSTAV V EVROPĚ .....	10
1.2.1 Organizace UCTE a okolnosti jejího vývoje .....	11
1.2.2 Vznik ENTSO-E .....	14
1.2.3 Balíčky v evropské energetice .....	15
1.2.4 ENTSO-E .....	19
<b>2 ROZVOJ SÍTÍ V EVROPĚ</b> .....	<b>23</b>
2.1 SOUČASNOST A OBDOBÍ KOLEM ROKU 2020 .....	23
2.2 ROZVOJ PO ROCE 2020 .....	29
2.3 HVDC TECHNOLOGIE .....	29
2.3.1 Výhody stejnosměrného přenosu .....	30
2.3.2 Nevýhody stejnosměrného přenosu .....	31
2.3.3 Rozvoj HVDC přenosu .....	31
<b>3 IMPORTNÍ A EXPORTNÍ STÁTY V ENTSO-E</b> .....	<b>33</b>
3.1 SITUACE V ROCE 2014 .....	33
3.1.1 Největší exportéři .....	33
3.1.2 Největší importéři .....	35
3.1.3 Výhled do budoucnosti .....	37
<b>4 ZDROJOVÁ ZÁKLADNA A MOŽNOSTI EVROPSKÝCH LOKALIT</b> .....	<b>40</b>
4.1 ZDROJE Z HLEDISKA VYČERPATELNOSTI .....	41
4.1.1 Fosilní zdroje .....	41



---

4.1.2	<i>Energie z jaderného štěpení</i> .....	45
4.2	ZDROJE Z HLEDISKA REGULOVATELNOSTI VÝKONU .....	49
4.3	POTENCIÁL OZE V EVROPĚ .....	50
4.3.1	<i>Energie větru</i> .....	51
4.3.2	<i>Energie vody</i> .....	55
4.3.3	<i>Energie Slunce</i> .....	59
<b>5</b>	<b>BUDOUCNOST EVROPSKÉ ENERGETIKY PO ROCE 2020</b> .....	<b>62</b>
5.1	VÝVOJ ZDROJOVÉ ZÁKLADNY .....	67
<b>ZÁVĚR:</b> .....		<b>70</b>
<b>SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ</b> .....		<b>71</b>

## Seznam symbolů a zkratk

ACER	Agentura pro spolupráci energetických regulačních orgánů
CCS	Zachycování a ukládání CO <sub>2</sub>
ČEPS	Česká energetická přenosová soustava
ENTSO-E	Evropská síť provozovatelů přenosových soustav elektřiny
ES	Elektrizační soustava
ETSO	Evropští provozovatelé přenosových soustav
EU	Evropská unie
FVE	Fotovoltaické elektrárny
HVDC	Stejnoseměrný přenos o vysokém napětí
IEA	Mezinárodní energetická agentura
JE	Jaderné elektrárny
MÍR	Název propojení PS východní Evropy před rokem 1989
OZE	Obnovitelné zdroje elektrické energie
PES	Propojené elektrizační soustavy
PPS	Provozovatelé přenosových soustav
PS	Přenosová soustava
PST	Transformátor s řízeným posuvem fáze
RAAS	Informační systém propojených přenosových soustav
SOC	Výbor pro systémové operace
TYNDP	Desetiletý plán vývoje sítí
UCPTE	Sdružení pro koordinaci výroby a přenosu elektrické energie
UCTE	Sdružení pro koordinaci přenosu elektrické energie
WAMS	Systém synchronního měření fázorů napětí a proudů

## Úvod

V současné době prochází energetická infrastruktura v Evropě výraznou proměnou. Netýká se to jen dílčích bloků či jednotlivých zemí, ale proměňuje se jako celek. Dalo by se říci, že díky propojeným přenosovým soustavám jsou energetické sítě kontinentální Evropy jeden velký pulzující organizmus. Navíc se postupně zvyšují objemy přeshraničních toků a propojení se neustále rozšiřuje i do okrajových oblastí našeho kontinentu. Na energetické systémy jednotlivých zemí se tak, dle mého názoru, v dnešní době již nedá nahlížet odděleně, ale musíme je brát jako jeden celek.

Svou práci bych chtěl tedy zaměřit na celý tento provázaný útvar. Nejprve se budu zabývat propojením elektrizačních soustav v Evropě. Provedu obecný rozbor synchronního propojení, načrtnu základní pilíře vývoje propojených přenosových soustav v Evropě, vedoucí k organizaci ENTSO-E. Tato organizace zároveň ohraničuje prostor, jemuž se budu v práci věnovat.

Dále se pokusím nastínit základní kameny, které udávají směr proměny energetického sektoru. Jedná se zejména o energetické balíčky, jež slouží jako prostředek k dosažení dlouhodobých energetických cílů Evropské unie. Také se pokusím postihnout dopad balíčků na elektroenergetický sektor.

Rád bych se rovněž zaměřil na rozbor exportu a importu jednotlivých zemí a na potřebu rozvoje mezinárodních přenosových kapacit. Vzhledem k neustále se navyšujícím předávaným výkonům mezi jednotlivými členy ENTSO-E by bez kvalitních propojovacích a vnitřních přenosových vedení nebylo možné zajistit bezpečnou a stabilně fungující energetiku v propojené Evropě.

V neposlední řadě se v mé práci zaměřím na popis zdrojové základny a potenciálu výroby elektřiny prostřednictvím rozmanitých zdrojů u jednotlivých zemí. Závěrem se pokusím vystihnout pravděpodobný směr, kterým by se měla utvářet budoucnost evropské energetiky po dosažení roku 2020. Toto období slouží jako kontrolní úsek pro ověření nastavených cílů v klimatoenergetickém balíčku, známých také jako cíle 20-20-20.

# 1 Propojené elektrizační soustavy v Evropě

Abych se mohl patřičně věnovat rozboru jednotlivých elektrizačních soustav v Evropě na základě různých kritérií, je třeba nejprve nahlédnout do vývoje energetických systémů v Evropě, a to zejména z hlediska jejich synchronního propojení, a vysvětlit si, co propojování elektrizačních soustav přináší. To vše hlavně z důvodu, že v dnešní době již není možné vnímat zvlášť energetické sektory jednotlivých států Evropy, spadající pod kontrolu národních vlád ve spolupráci s energetickými lidry, ale je potřeba brát evropskou energetiku jako navzájem provázaný systém. Tato provázanost započala již v padesátých letech 20. století, kdy vznikla organizace s názvem Sdružení pro koordinaci výroby a přenosu elektrické energie (UCPTE). Od této doby můžeme pozorovat neustálý přesun pravomocí z národní na nadnárodní (v současnosti unijní) úroveň. K pochopení toho, jakým způsobem dnešní provázanost elektrizačních soustav v Evropě funguje, se tedy bez historického exkurzu neobejdeme.

Vývoj přenosu elektrické energie je už dnes více jak stoletý. V práci se tak nebudu věnovat dopodrobna popisu vzniku a rozvoje energetiky, ale pokusím se načrtnout hlavní zlomové okamžiky, které zformovaly propojené elektrizační soustavy Evropy tak, jak je známe dnes. To je velice důležité, protože díky propojeným elektrizačním soustavám napříč Evropou může dnes docházet k rozdílům mezi zdrojovou základnou a spotřebou jednotlivých evropských států.

Je potřeba si uvědomit, že přenos elektrické energie se vyvíjel na základě zvyšování napěťové úrovně, dle technických možností a zefektivnění přenosu, až k současnému technickoekonomickému rozdělení. Nyní se do popředí dostávají témata liberalizace a globalizace energetického hospodářství. Dnes již energetika není jen otázkou techniky a technologie, ale o jejím vývoji rozhodují stále více faktory jako je ekologizace energetiky, její globalizace, nadnárodní instituce a v neposlední řadě také politika. Dále se v poslední době mluví čím dál více o přerozdělování zdrojů a co největším omezení surovinové závislosti Evropy.[1][2][6]

Je důležité nezapomínat také na to, že k velkým změnám v oblasti energetiky dochází z důvodu subjektivního vnímání rizik. Jak je tento aspekt významný a kam až

můžou sahat jeho následky, si můžeme ukázat na příkladu Německa. Tam byla impulzem pro odstartování postupného odstavení všech jaderných reaktorů do roku 2022 havárie jaderné elektrárny ve Fukušimě.[3] Tímto významným rozhodnutím německé vlády se v práci budu ještě nepřímo zabývat, protože je to ukázkový příklad toho, jak jedno rozhodnutí může ovlivnit celkovou transformaci a utváření energetické koncepce jedné země, s následným dopadem na energetické systémy propojených soustav.

## 1.1 Obecný rozbor synchronního propojení

Myslím, že by bylo dobré se nejprve podívat na to, jaké objektivní důsledky nám propojování elektrizačních soustav přináší a na čem stojí základy jeho fungování. Každý si jistě dokáže představit, že se otevřením trhu, které propojování národních soustav umožňuje, otevírají výrobcům dveře pro export jejich komodity. Ovšem otevřený obchod s energiemi není jediným důsledkem této problematiky, ale jde o jev, který zasahuje do celého odvětví energetiky. V následujících řádcích se tedy pokusím popsat synchronní propojení z technického pohledu.

### 1.1.1 Výhody a nevýhody

Jako hlavní výhody propojených ES bych jmenoval:

- Zefektivnění využití rozmanitých zdrojů elektřiny.
- Soustavy, které mají různé průběhy diagramu zatížení, tedy mají rozdílně umístěné špičky a sedla, si mohou elektřinu vzájemně vyměňovat pro zefektivnění výroby, respektive prodloužení doby využití maxima.
- Dalším aspektem vzájemného propojení je to, že jednotlivé soustavy mohou snížit zálohy pro primární regulaci frekvence. Zde je stanovena celková regulační záloha pro celou soustavu, která vychází z výpadku zdroje 3000 MW (se změnou frekvence do 200 mHz) a z ní je pak na základě poměru vyrobené energie v dané soustavě k celkové vyrobené energii propojené soustavy vypočítán podíl na primární regulaci u příslušné soustavy.

Tyto tři rysy vedou ke snížení nákladů na provoz ES, což vede ke snížení ceny elektřiny.[9]

- Vzhledem ke zvýšení výkonového čísla soustavy (v rámci ENTSO-E až na 20 000 MW/Hz) dochází ke zvýšení stálosti frekvence, a tedy ke zvýšení kvality dodávané elektrické energie.
- Možnost výpomoci při krizových situacích, případně havarijních stavech.[18][57]

Negativní dopady synchronního propojení jsou:

- Riziko přenosu problémových situací do ostatních soustav.
- Riziko ohrožení jednotlivých soustav v případech, kdy dochází k rozdílu mezi plánovanými a fyzickými toky.
- Potlačení suverenity jednotlivých členů v zájmu skupiny.
- Nutné zásahy a investice do infrastruktury, které by nebyly potřebné v případě ostrovních provozů, jako je tomu např. u ČR a Polska díky přenosům elektřiny ze severu Německa směrem na jih.[9]

### 1.1.2 Podmínky pro jednotlivé soustavy

Aby byla uskutečněna výhodná spolupráce, je potřeba zajistit u každé ze soustav následující podmínky:

- Zajištění kritéria N-1.
- Omezení přetoků jalových výkonů mezi soustavami.
- Vhodné a efektivní postupy pro návrat soustavy z výstražných, popřípadě krizových situací do normálního provozu, a to zejména zajištěním:
  - Obrany proti šíření poruch.
  - Obnovy v případě blackoutu.
  - Frekvenčního odlehčování soustavy.
- Minimálně dvě propojující přenosová vedení mezi sousedními soustavami.
- Spolehlivá primární a sekundární regulace.[18]

### 1.1.3 Principy zde uplatňované

Vyregulování nerovnováhy ve výkonové bilanci jednotlivých soustav se u propojených soustav odehrává na základě dvou uplatňovaných principů, kterými jsou princip solidarity a princip neintervence.

#### **Princip solidarity:**

Tento princip spočívá v tom, že všechny elektrárenské bloky zapojené do propojené ES, které pracují v režimu primární regulace frekvence, se podílejí na vyrovnání výkonové nerovnováhy (do 30 sekund). Z toho vyplývá také možnost snížení výkonových záloh pro primární regulaci frekvence, která je popsána v kapitole 1.1.1.

#### **Princip neintervence:**

Jeho podstata je založena na vyrovnání výkonové nerovnováhy prostřednictvím sekundární regulace frekvence a činného výkonu, a to právě v té soustavě, ve které k nerovnováze došlo. Každá z propojených soustav je tedy povinna zajistit takový záložní výkon, aby byla v každém okamžiku zajištěna výkonová bilance soustavy.[18]

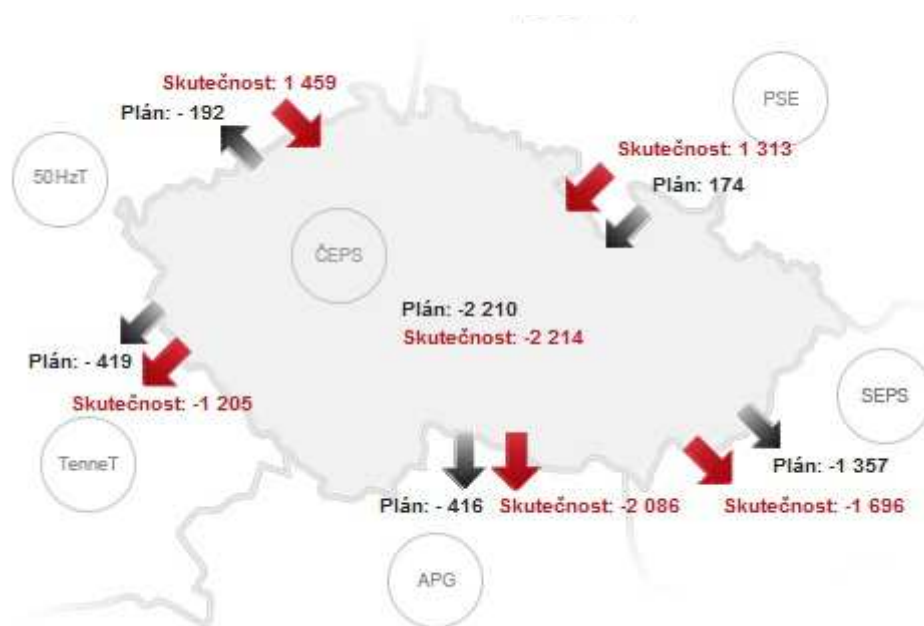
### 1.1.4 Nedodržení pravidel mezinárodní spolupráce

V rámci této kapitoly bych rád popsal, co nastane v případech, kdy některé státy nejsou schopny dodržovat pravidla stanovená v rámci mezinárodní spolupráce. Jde zejména o neplánované toky, kyvy a systémové havárie.

#### **Neplánované toky**

Problém přetoků výkonu do sousedních soustav je dnes často diskutovaný. Zvláště v případech nadvýroby německých větrných elektráren, umístěných v Baltském moři, které svou nadprodukcí ohrožují bezpečnost soustav České republiky a Polska. V tomto případě bych pro ilustraci problematiky využil poznatků, ke kterým jsem dospěl v bakalářské práci.

Předávky výkonů na hraničním profilu České republiky a Německa jsou, vzhledem k velkému zastoupení větrných elektráren na severu Německa, velice závislé na předpovědích počasí. Ta je v dnešní době na poměrně vysoké úrovni, ovšem ne vždy se daří uskutečnit naplánované výměny s německou stranou a stává se tak, že v některých případech přitéká do ČR od sousedů až 3,5 GW elektrického výkonu, pro který slouží české síť jako tranzitní cesta na jih. Jednu z těchto krizových situací si můžeme prohlédnout na Obr. č. 1, kde je vidět rozdíl mezi plánovanými a skutečnými toky ze dne 3. 12. 2011.



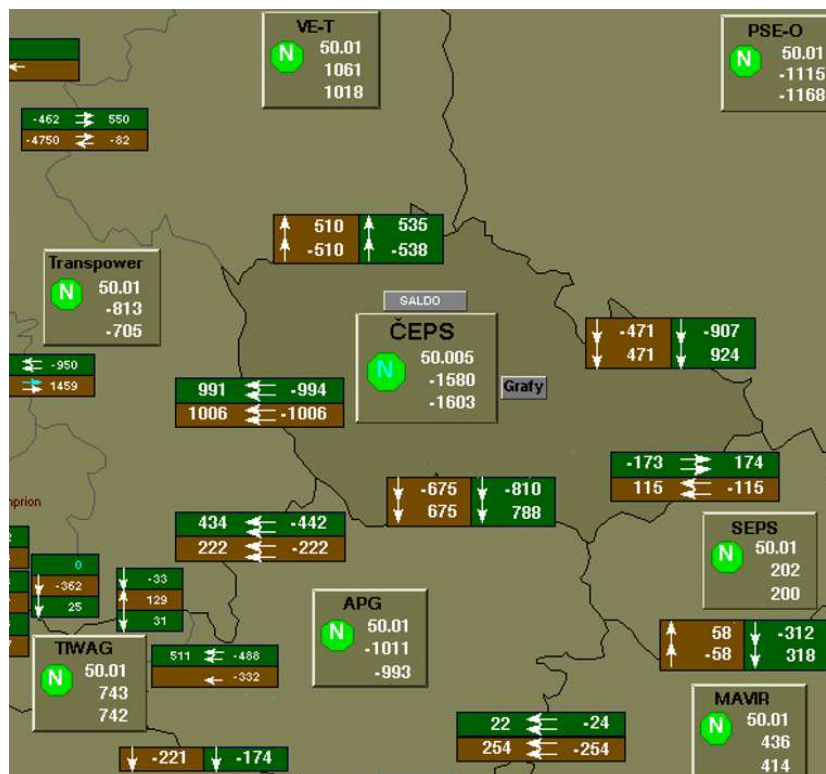
**Obr. č. 1: Přeshraniční toky ze dne 3. 12. 2011 [17]**

V případech podobných tomu, který jsem ilustroval na příkladu přeshraničního profilu ČR a jeho sousedů, kdy navíc není možné dále udržet kritérium N-1, je dispečer příslušné přenosové soustavy nucen sáhnout ke krajním řešením, jako je redispečink a rekonfigurace.[11]

Je zřejmé, že pro předcházení situací, kdy nenadálá změna stavu jedné soustavy může ohrozit funkčnost okolních soustav, je potřeba vzájemného předávání informací o stavu jednotlivých celků. To vše co nejjednodušeji a nejrychleji, aby byla možná adekvátní reakce správců potenciálně ohrožených soustav. Jedním z reálně využívaných informačních systémů je systém RAAS. Tento systém zprostředkovává dispečerům přenosových soustav informace od okolních partnerů, a to zejména rozdíly mezi



plánovanými a reálně předávanými toky výkonů. Součástí systému je také výstražný semafor, jehož úkolem je signalizace mimořádného stavu dané soustavy.[43] Prostředí tohoto informačního systému si můžeme prohlédnout na Obr. č. 2.



Obr. č. 2: Systém RAAS [43]

### Mezistémové kyvy

V propojených soustavách jsou kyvy vyvolány následkem poruchy, ovšem mohou vzniknout také spontánně bez přímé příčiny. Jejich vzniku v propojených soustavách přispívá také geografické uspořádání propojení, a to zejména jeho podlouhlý tvar. Jsou způsobeny přechodnými ději mezi jednotlivými elektrárenskými bloky propojených soustav. Tyto kyvy mají frekvenci okolo 0,3 Hz. Před připojováním jednotlivých oblastí do synchronně pracujících soustav byla jako preventivní opatření proti těmto kyvům doporučena instalace systémových stabilizátorů přímo na vybrané elektrárenské bloky tak, aby došlo k minimalizaci vlivu na ostatní propojené soustavy a zvýšila se tak celková stabilita frekvence systému.[1]

## **Systemové havárie**

Za historii vývoje propojených přenosových soustav v Evropě došlo k několika významným systémovým haváriím. Nejvýznamnější z nich jsou tři velké blackouty, které zažila Evropa v rozmezí 12 let. Prvním z nich je blackout v Itálii z roku 2003, který byl způsoben plánovaným odstavením důležitého přeshraničního vedení, a zároveň následnými poruchami na vedeních okolních, což s obrovskou závislostí Itálie na mezinárodních dodávkách elektřiny zapříčinilo blackout italské soustavy, který na některých místech trval až tři dny. Následně došlo v roce 2006 k rozsáhlé havárii způsobené nadvýrobou severoněmeckých větrných elektráren a rovněž plánovaným vypnutím vedení v Německu, což mělo za následek přetížení ostatních vedení. Třetí blackout se odehrál v březnu roku 2015 v Turecku, kde hlavními viníky byly rozsáhlé přenosy elektřiny z míst výroby do míst spotřeby.

Všechny jmenované výpadky měly řadu společných jmenovatelů. U všech třech poruch platí, že problém vznikl, když byla síť oslabena vlivem plánovaně odpojených vedení, a následně došlo k přetížení některých úseků, což vedlo k neschopnosti udržení kritéria N-1. Pak už stačil pouze startovací impulz k rozpoutání výpadků.

Na posledním jmenovaném výpadku je ovšem patrné, že i takto významnou poruchu je synchronní propojená soustava, včetně postiženého místa, schopna poměrně dobře zvládnout. Blackout v Turecku vážněji nezasáhl do funkčnosti propojeného evropského systému a díky záložním zdrojům neměl ani vážnější následky pro kritickou infrastrukturu. Ovšem každý z problémových stavů vždy ukáže na trhliny v pavučině propojených elektrizačních soustav, se kterými je potřeba se vypořádat. Ať už se jedná o to, že v případech poruchy v Itálii a Turecku nebyly tyto státy schopné dodržet povinné prostředky pro návrat z havarijního stavu do normálního provozu (např. schopnost provozu zdrojů do hodnoty frekvence sítě 47,5 Hz). Nebo také o paradoxní situaci, ke které došlo při blackoutu v roce 2006, kdy byla synchronní propojená soustava UCTE rozdělena na tři oblasti a v jejím tzv. středoevropském ostrovu, kam spadá i sever Německa, prováděl provozovatel přenosové soustavy odregulování přebytků ve výrobě prostřednictvím odstavování klasických elektráren, avšak dle přednostního práva přístupu do soustavy se neustále připojovaly další větrné elektrárny.

Každá porucha vede k mnoha diskuzím a tvorbě různých analýz. Jako hlavní příčiny bývají uváděny nedostatečná koordinace provozovatelů přenosových soustav (součinnost při řízení a sdílení informací) a nedostatečná vymahatelnost sjednaných opatření. To vše je způsobené hlavně individuální podstatou jednotlivých PPS a absencí instituce s potřebnou autoritou, která by byla nadřazená národním pravidlům a podmínkám, a měla by tak prostředky pro komplexní a jednotné řízení soustav. Pro bezpečnou a spolehlivou mezinárodní spolupráci by bylo také třeba se smířit s větším omezením pro mezinárodní obchod s elektřinou (viz např. společný trh s elektřinou mezi Rakouskem a Německem). Poruchy ukázaly na to, že soustavy jsou často provozovány na samé hranici svých limitů a to je způsobeno tím, že při budování nebyly jednotlivé soustavy konstruovány se zřetelem na tak rozvinuté přeshraniční toky.

Preventivní opatření proti rizikům blackoutů, jako je například budování nových páteřních sítí jsou, během na dlouhou trať, ovšem jedním z prostředků proti šíření poruch (dnes již v rámci ENTSO-E plně používaným v praxi) je například systém WAMS. Jedná se o systém, jenž je umístěn do uzlů s významnou výrobou a na přenosové profily s vysokým tranzitem, který monitoruje fázorové úhly napětí a proudů, ostrovní provozy, detekuje snížení rezervy statické stability, oscilace a monitoruje stabilitu napětí. Prostřednictvím GPS je propojen s dispečinkem jednotlivých PPS, a tím pádem umožňuje včasné vyhledat příznaky nestability v přenosové soustavě.[7][19][20]

## 1.2 Vývoj propojených elektrizačních soustav v Evropě

Bylo by zbytečné zde rozebírat vývoj PES v Evropě již od rané historie, která sahá do padesátých let minulého století. Je nutno zde ovšem podotknout, že vývoj propojených soustav byl ovlivněn mnoha skutečnostmi, ať už jde o rozdělení Evropy na vzájemně nepřítelš spolupracující dvě rozdílně politicky smýšlející části před rokem 1989, či válku na Balkáně v devadesátých letech. Pro moji práci a pochopení pozadí dané problematiky je však důležité období, které je spjato s vývojem propojených soustav od konce devadesátých let. Tím se budu nyní zabývat.

### 1.2.1 Organizace UCTE a okolnosti jejího vývoje

Vše začalo vznikem organizace s názvem UCPTE na západě Evropy a zároveň propojováním elektrizačních soustav na východě pod názvem propojené soustavy MÍR. Obě propojené soustavy se neustále rozrůstaly a vzhledem k politickým okolnostem začátku devadesátých let nakonec došlo k jejich postupnému propojování pod křídly organizace UCPTE.

Roku 1998 došlo k přejmenování organizace UCPTE na UCTE. Odebrání písmena P bylo zapříčiněno zaváděním tzv. unbundlingu, tedy oddělení přenosu a výroby, o kterém bylo rozhodnuto v rámci liberalizačních balíčků evropské komise[10].[8]

Nepřetržitý vývoj propojených soustav v Evropě neustal ani na hraně milénia a v roce 1999 došlo ke vzniku další organizace s názvem ETSO. Jejím úkolem bylo harmonizovat přístup k provozu sítí a jejich užívání ve vztahu k mezinárodnímu obchodu s elektřinou. Sloganem charakterizujícím vznik asociace ETSO bylo: „nechť se trh stane“.

Další kroky UCTE byly ovlivněny snahou o liberalizaci trhu s elektřinou. Došlo ke změně v rozložení odpovědnosti. UCTE nyní bylo fórum skládající se z několika nezávisle jednajících složek, ovšem beze ztráty vztahu mezi výrobou a distribucí a spotřebou a regulací. Byla potřeba, aby jednotliví členové rozšířili pole své působnosti zaměřující se nejen na technické aspekty, ale také na stále více se proplétající trhy. Technická stránka vývoje představovala plánování a provozní normy vztahující se ke spolehlivému a stabilnímu synchronnímu propojení, které bude schopné vypořádat se s trendem vzrůstající poptávky, a navíc také s případným budoucím rozšířením synchronního propojení. Záležitostí tržní stránky věci pak bylo vytváření a zavádění potřebných kodexů a uspořádání vedoucích k zajištění dokonalého mezinárodního trhu s elektřinou. Otázkou však bylo, zda hospodářská soutěž a bezpečnost jsou slučitelné cíle. Provozní incident v belgické síti v průběhu roku 1999 ukázal, že obavy byly oprávněné. V polovině června roku 1999 byl naplánován tranzit výkonu 200MW mezi Francií a Holandskem skrze Belgii. V praxi špičková hodnota výkonového toku značně převyšovala 1000MW, v důsledku čehož nemohlo být kritérium n-1 déle udrženo. Přenos tak musel být přerušen, aby bylo zabráněno nadměrnému zatížení belgické soustavy. Problém byl v tom, že přenosové systémy se nyní měly stát nástroji hospodářské soutěže, což zapříčinilo, že nyní,

více než kdy dřív, představovalo zabezpečení provozu sítí výzvu pro operátory přenosových soustav.

Na vývoj organizace UCTE měla nemalý vliv také série blackoutů, ke kterým došlo začátkem nového tisíciletí ve Švédsku, Anglii, USA a již výše zmiňované Itálii. Na základě těchto poruch bylo vypracováno několik konkrétních scénářů na zdokonalení infrastruktury přenosových vedení jednotlivých členů UCTE.[4]

Dále se ve vývoji evropské propojené infrastruktury začaly projevovat změny z důvodu nasazování nových zdrojů. Díky evropské energetické politice, kterou se budu v dalších kapitolách zabývat podrobněji, došlo k velkému rozvoji obnovitelných zdrojů, načež museli samozřejmě reagovat i kontinentální evropští provozovatelé přenosových soustav. Již na počátku roku 2004 byla v Evropě produkována více jak polovina z celkové celosvětově vyrobené elektrické energie prostřednictvím větru.

Hlavní rolí UCTE je udržovat bezpečnost dodávky a kvalitu rozváděné elektrické energie. To v kontextu rozvoje obnovitelných zdrojů znamenalo vzájemnou spolupráci UCTE a jejích členských PPS při tvorbě pravidel pro integraci obnovitelných zdrojů do rozvodné soustavy, a to v souladu se standardy Evropské unie a vnitrostátních norem. [4]

Rozšíření větrné energie si vyžádalo důkladné plánování úprav energetické infrastruktury v Evropě, a to jak na straně výroby (vzhledem k potřebě vyrovnávacího výkonu), tak na straně sítí. Vstřikováním výkonu z větrných elektráren do sítě ovlivňuje nejen individuální národní systémy, ale také přeshraniční toky elektřiny mezi sousedními zeměmi, a to zejména svou nepravidelností a nepredikovatelností, jak tomu můžeme vidět na konkrétním příkladě v kapitole 1.1.4.

Tyto snahy o reakci na nárůst OZE se bohužel později ukázaly nedostatečné. Zde bych se odkázal na závěry, ke kterým jsem se dopracoval při tvorbě své bakalářské práce. Došel jsem k závěru, že rozvoj infrastruktury rozvodných soustav není schopen potřebným tempem reagovat na nárůst enormně se rozvíjejících obnovitelných zdrojů. To vše z mnoha příčin, z nichž pravděpodobně nejvýznamnějšími jsou státní podpora obnovitelných zdrojů energie a to, že pro investory jsou mnohem perspektivnější investice do zdrojů, než financování potřebných infrastrukturních zásahů do rozvodných soustav. Přenosové

soustavy tak reagují až zpětně, a to prostředky ne několik let promyšlenými, postupně realizovanými a ideálně vhodnými, ale prostředky, které jsou schopné patřičně rychle řešit vzniklý problém. To má za následek, že výsledná řešení zdaleka nejsou ideální a neřeší daný problém tak, jak by bylo třeba. Jako příklad si zde můžeme uvést nejideálnější řešení přenosu velkých přetoků ze severoněmeckých větrných elektráren na jih do Rakouska potažmo jihovýchod směrem do balkánských států, které dělá problémy v české, polské a slovenské přenosové soustavě. Ovšem potřebné vedení mezi severem a jihem Německa, které by pro popsany problém bylo ideálním řešením, bohužel nelze postavit za potřebně rychlý čas, a tak je zde potřeba řešit ohrožení sousedních soustav Německa nějakou rychlejší alternativou. Jednou z nich jsou dnes všemi pády skloňované phaseshiftery, které sice řeší daný problém, ovšem jen z části a vyvolávají spíše problémy další.[11]

Pro představu, jak je investice do PST transformátorů významná, si dovolím udělat zde malou odbočku, a sice srovnání investičních nákladů PST transformátorů a výstavby nového vedení. Investice do instalace PST v Hradci u Kadaně (cca 2,5 mld. Kč [46]) lze srovnat s výstavbou přibližně 160 km vedení o napětí 400 kV (1km cca 15 mil. Kč [45]) nebo také s přibližně polovinou ročního rozpočtu na investice společnosti ČEPS [46]. Výstavba nových spojovacích vedení mezi německou a českou PS či zesílení kritických úseků české PS by byla pravděpodobně více smysluplná než instalace PST transformátoru. Významnou roli zde však hraje doba výstavby. Instalace PST trvá přibližně dva roky, zatímco výstavba nového vedení trvá se všemi studii, dokumentací a konečným vybudováním mezi 7 až 14 lety a skutečná doba výstavby se může vlivem pozemkových řízení ještě protáhnout.[46] Ideální řešení zde tak opět podléhá dostatečně rychlému řešení z důvodu dynamické proměny energetických zdrojů, a zejména také relativně rychle se vyvíjejícímu tržnímu prostředí energetiky.

V září roku 2004 na 11. Energetickém regulačním fóru v Římě představila UCTE svůj první komplexní bezpečnostní balíček. Tento balíček sestával z:

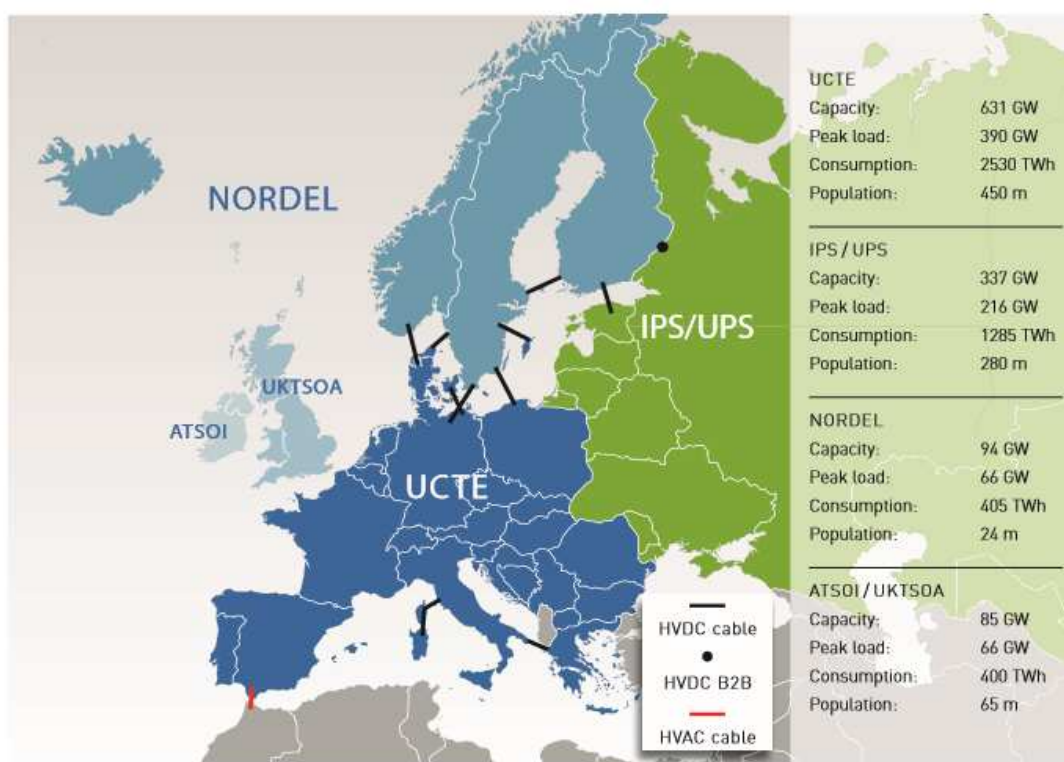
- provozní příručky - ta stanovila technické standardy pro provozování propojených elektrizačních soustav v rámci UCTE
- multilaterální dohody - zajišťovala vymahatelnost těchto standardů v případě, kdy došlo k porušení ujednaných norem
- vyhovění monitorování a vymáhacího procesu - jakožto stálého preventivního

procesu týkajícího se dodržování norem UCTE

Celý balíček byl založen na již existujících doporučeních UCPTE/UCTE, která byla stále platná a nepřetržitě také dále rozvíjená.[4]

### 1.2.2 Vznik ENTSO-E

Kromě technické asociace UCTE existovali organizace NORDEL, UKTSOA, ATSOI a BALTSO, což byly organizace situované v rozdílných částech Evropy, avšak se stejnými cíli. Rozsah a oblast působnosti těchto organizací si můžeme prohlédnout na Obr. č. 3. Tyto technicky zaměřené organizace spojovala na poli ekonomických a právních potřeb nezbytných pro mezinárodní přenos a obchodování s elektřinou organizace ETSO, která vznikla roku 1999.



IPS / UPS: Armenia, Azerbaijan, Belarus, Estonia, Georgia, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Latvia, Lithuania, Moldova, Tajikistan, Turkmenistan, Ukraine, Uzbekistan

ATSOI / UKTSOA: Great Britain, Northern Ireland, Republic of Ireland

NORDEL: Denmark, Finland, Iceland, Norway, Sweden

HVDC = High Voltage Direct Current

HVAC = High Voltage Alternating Current.

Obr. č. 3: Organizace propojených energetických soustav Evropy v roce 2007 [4]

S postupem času se ukázalo, že pro dosažení energetických cílů Evropské unie a dalších evropských zemí bude zapotřebí více koordinovaná spolupráce, která bude zahrnovat nejen provozovatele přenosových soustav, ale také výrobce elektřiny, zákonodárce, regulační orgány a výzkumné ústavy zúčastněných stran. To vše hlavně z důvodu nutnosti řešit urgentní problémy spojené s implementací tzv. 3. liberalizačního balíčku a tzv. klimato-energetického balíčku, jejichž hlavní cíle jsou popsány níže.[4][5]

Po intenzivní spolupráci všech zainteresovaných byl dne 19. prosince 2008 dán právní základ ke vzniku nového celoevropského orgánu ENTSO-E (Evropská síť provozovatelů přenosových soustav elektřiny). Pravomoci svých předchůdců přebrala organizace ENTSO-E v červenci roku 2009.[4]

### 1.2.3 Balíčky v evropské energetice

Pod pojmem balíčky se v žargonu Evropské unie schovávají dva soubory právních předpisů, které významně ovlivňují a sjednocují energetickou politiku začleněných států. Jejich úkolem je v první řadě vytvoření konkurenčního prostředí na evropském trhu, a dále pak jde o určitou legislativní zbraň Evropské unie, která svojí podstatou bojuje se změnami klimatu. Jedná se o dva balíčky:

#### 1) 3. liberalizační balíček

Jde o nástupce dvou předchozích balíčků, jehož návrh byl předložen v září roku 2007. Byly zde popsány návrhy pro úpravu stávající energetické legislativy a v souvislosti s elektroenergetikou se zde mluví hlavně o trojici právních předpisů:

- Určení podmínek pro přístup do sítě v rámci mezinárodního obchodu s elektřinou.
- Zřízení agentury ACER, jejímž úkolem je spolupráce energetických regulačních úřadů jednotlivých členů.
- Zřízení směrnice společných pravidel vnitřního trhu s elektřinou.



## 2) Klimato-energetický balíček

Jde o balíček, který je tvořen trojicí směrnic a dvojicí nařízení. Dále rozšiřuje závazek členských států EU a jsou v něm stanoveny cíle, kterých by mělo být dosaženo do roku 2020 a to:

- Oproti roku 1990 by mělo v EU dojít ke snížení emisí skleníkových plynů o 20 - 30 %.
- Zvýšení energetické účinnosti v EU o 20 % oproti roku 1990.
- Vzrůst podílu vyrobené energie z OZE na celkové spotřebě EU na 20 %.

Funkčními nástroji pro splnění těchto cílů jsou zde pak směrnice o využívání obnovitelných zdrojů energie, směrnice o obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů a směrnice o separaci a ukládání oxidu uhličitého do geologického podloží.[10][16]

### 1.2.3.1 Klimato-energetický balíček v širších souvislostech

#### Snížení emisí skleníkových plynů

Jak již bylo popsáno výše, jedním ze způsobů, jak docílit plánovaného snížení emisí skleníkových plynů, je obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů. Tento prostředek lze jednoduše vysvětlit na příkladu. Máme-li konkrétní elektrárenský blok např. uhelné elektrárny, který vypouští do vzduchu skleníkové plyny, musí toto zařízení pro svůj provoz mít dostatečný počet emisních povolenek. Tedy každý kilogram produkováných skleníkových plynů je třeba zaplatit. Uhlenná elektrárna je tak motivována k přechodu na novější technologii, nebo jsou provozovatelé dokonce nuceni, aby staré provozy úplně odstavovali a nahrazovali modernějšími.

Problém při obchodování s emisními povolenkami však nastává v okamžiku, kdy je třeba stanovit množství a počet emisních povolenek. Za první dvě fáze obchodování s emisními povolenkami (2005 – 2012) se ukázalo, že nastavení množství povolenek je kamenem úrazu a v obou fázích selhalo. Ceny povolenek tak klesly pod úroveň efektivní pro regulaci skleníkových plynů.

V dnešní době se nacházíme již ve třetí fázi, ve které by měl být dosažen stanovený cíl snížení emisí skleníkových plynů do roku 2020. V současnosti se ukazuje, že i třetí fáze má problémy s přebytkem povolenek, což znamená nejistou situaci budoucí energetiky. Vzhledem k nejasné politice a nastavení celého systému emisních povolenek do budoucna, kdy se tento systém zřejmě ještě bude muset nějak vyvíjet a pozměňovat, zde dochází k paradoxní situaci. Emisní povolenky spíše než aby motivovaly investory do projektů, omezujících emise, jako je např. stavba jaderné popřípadě paroplynové elektrárny, přinášejí spíše nejistoty do návratností takovýchto projektů v případě, že by ceny povolenek byly i nadále nízké. Jde zde o začarovaný kruh - pro investory by bylo výhodné znát politiku EU v oblasti emisních povolenek do budoucna, jenže ta je svázána s mezinárodním vyjednáváním v oblasti snižování skleníkových plynů a na to je potřeba brát zřetel, aby nakonec nedocházelo ke znevýhodňování evropského průmyslu.[30][47][48]

### **Zvýšení úspor a energetické účinnosti**

Dalším krokem k uskutečnění cílů Evropská unie (respektive ENTSO-E) v energetice do roku 2020 je zvýšení energetické účinnosti v EU o 20 % oproti roku 1990. Hlavním cílem z tohoto pohledu je snížení spotřeby primárních energetických zdrojů na zajištění energetických potřeb člověka. Z toho vyplývá, že se tato problematika týká vlastně všech sektorů, kde je potřeba energie, a to od elektroenergetiky přes teplárství a dopravy až po průmysl. Jednoduše řečeno jde o to, aby zdroj, ze kterého je získána nějaká forma energie (ať už se jedná o uhelnou elektrárnu či spalovací motor), co možná nejefektivněji plnil svoji funkci a tedy přeměnil dodanou formu energie na energii využitou konečným spotřebitelem či zařízením.

Vezmeme-li v úvahu elektroenergetiku, tak pro zvýšení celkové energetické účinnosti je potřeba snížit ztráty vzniklé ve výrobě, distribuci a samotné spotřebě. Je zřejmé, že se toto téma týká zvláště inovace technologií a tedy velkých investic do celé energetické infrastruktury.

Samotná Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2012/27/EU říká, že zvyšování energetické účinnosti je důležitým prostředkem, jak čelit zvýšené závislosti na dovozu energie, nedostatku zdrojů energie a klimatickým změnám. Dále pak přikládá důležitost

nové strategii v oblasti energetické účinnosti, která by členskými státy umožnila oddělit souvislost mezi hospodářským růstem a spotřebou energie.[36]

S ohledem na poslední větu předešlého odstavce je zřejmé, že pro dosažení nezávislosti nárůstu spotřeby elektrické energie na hospodářském růstu, což jsou faktory, které spolu byly vždy neodmyslitelně spojeny, bude potřeba zvýšit také energetické úspory jednotlivých zemí. Ty pak můžeme chápat dvojím způsobem. Za prvé jsou to úspory společenské, jež souvisí se zvyšováním energetické gramotnosti člověka, a dále pak úspory technologické, které souvisí se snižováním energetických ztrát spotřebičů. V praxi jde tedy o nákup energeticky méně náročných spotřebičů (například již aplikované omezení klasických žárovek) či v dnešní době hojně stavěné pasivní domy.

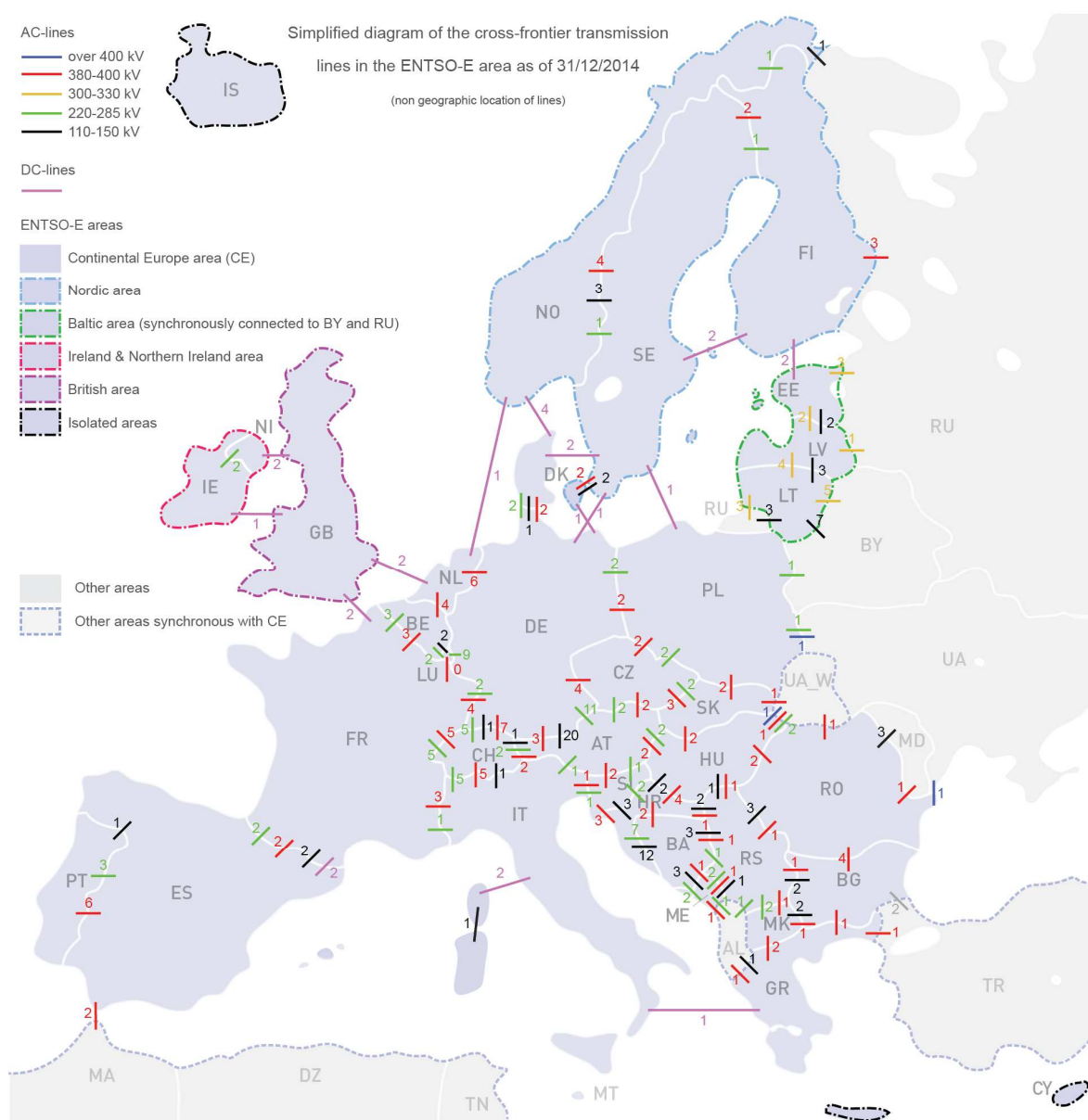
Vzhledem k tomu, že výraznější omezení spotřeby bylo v historii vždy zapříčiněno nějakou krizí, je těžko představitelné nějaké velké omezení spotřeby vlivem energetické účinnosti či omezení ztrát, jako to předpokládá EU. Na druhou stranu je snižování ztrát a tedy laicky řečeno omezování zbytečné energie bez užitku velmi smysluplné.[30][37]

### **Zvýšení podílu výroby z obnovitelných zdrojů elektřiny**

Dvacetiprocentní závazek zvýšení podílu výroby elektrické energie z OZE způsobil radikální evoluci celé energetické infrastruktury. Ze všech tří kritérií klimato-energetického balíčku podléhá pravděpodobně největším investicím právě zavádění OZE. Někdy jsou to investice z evropského hlediska prospěšné, protože zvyšují zaměstnanost a podporují rozvoj průmyslu v EU. Mnohdy se však jedná jen o podnikatelské machinace, jako v případě dotací fotovoltaických panelů, a v tomto případě peníze navíc putují směrem k čínským dodavatelům. Ve spojitosti s dvacetiprocentním závazkem nárůstu OZE jsem nucen se zamyslet nad tím, jestli se zde nejedná jen o slepě vytyčený cíl, ke kterému se musíme za jakoukoliv cenu dopracovat, ať už to bude stát cokoliv. Je zřejmé, že samotná myšlenka obnovitelných zdrojů je ve skrze dobrá a určitě minimálně z ekologického hlediska přínosná, otázkou však je, na kolik efektivní je způsob, jakým se k vytyčeným cílům dnes dopracováváme. Podrobněji se problematikou obnovitelných zdrojů budu věnovat v kapitole 4.3.

### 1.2.4 ENTSO-E

Rád bych se nyní podrobněji zabýval organizací ENTSO-E, a hlavně pak její úlohou na poli propojených evropských elektrizačních soustav. V současné době je tato organizace jedním z největších energetických uskupení na světě. Prostřednictvím více než 300 tisíc kilometrů vedení zabezpečuje dodávky elektřiny pro 575 milionů obyvatel Evropy. Tento gigantický celek se skládá z celkem 41 členů, kteří spravují přenosové soustavy 34 zemí. Vzájemné přeshraniční vazby, včetně toho, jakým způsobem jsou jednotlivé země propojeny, si můžeme prohlédnout na Obr. č. 4.



Obr. č. 4: Propojení elektrizačních soustav v rámci ENTSO-E [24]

Celková spotřeba v rámci ENTSO-E činila v roce 2014 3218 TWh/rok, z toho přeshraniční výměna mezi členy ENTSO-E byla 424 TWh/rok. Z toho plyne, že přeshraniční výměna v rámci ENTSO-E je velmi významný prvek její funkce a velikost mezistátních přenosů navíc neustále roste. Vývoj přenášeného výkonu mezi lety 2009 – 2014 si můžeme prohlédnout v následující tabulce. Zde můžeme vidět, že v průběhu šesti let vzrostl vyměňovaný výkon o téměř 120 TWh, což je pro porovnání přibližně dvojnásobek spotřeby elektrické energie v ČR v roce 2014.[26]

**Tabulka 1: Přeshraniční toky v ENTSO-E [26]**

Rok	Výměna mezi státy ENTSO-E (GWh)
2009	305 355
2013	387 251
2014	423 650

Jak již bylo popsáno výše, důvodem vzniku ENTSO-E byla hlavně snaha o co nejefektivnější provádění energetické politiky EU a dosažení evropských cílů v oblasti energetiky a politiky a také v oblasti klimatu. Hlavními cíli ENTSO-E je tedy integrace obnovitelných zdrojů energie do elektrizační soustavy, a to především větrné a solární energie, a dále pak dokončení vnitřního trhu s energií, což je zásadní pro uskutečnění hlavních cílů energetické politiky Evropské unie, tedy zajištění dostupnosti, udržitelnosti a bezpečnosti dodávek elektrické energie.

K dosažení těchto cílů přispívá ENTSO-E zejména prostřednictvím těchto prostředků:

- **Technická spolupráce mezi provozovateli přenosových soustav**

Celý koncept mezinárodní spolupráce je založen na plánování přenosů, a to na základě vstupních parametrů, které jsou vždy jen nejpravděpodobnějším odhadem dané

situace, a skutečný stav propojené soustavy je vždy znám až v reálném čase. Takové provozní nejistoty vyžadují od provozovatelů přenosových soustav naplánovat a zajistit široký rozsah takzvaných podpůrných služeb. Ty slouží k udržení výkonové bilance v rovnováze, udržení napětí v příslušných mezích a zajištění systémové bezpečnosti. Toto celé se ještě více zkomplikovalo kvůli liberalizaci trhu, která zvýšila množství předávek elektrické energie mezi jednotlivými PPS. Z tohoto důvodu byl také zřízen tzv. Výbor pro systémové operace (SOC). SOC vyvíjí a zajišťuje provádění společných nástrojů používaných v provozním prostředí provozovatelů přenosových soustav. Tím rozumíme výměny dat, síťové modely, nástroje pro plánování a plošné měřicí systémy. Dále SOC také monitoruje, hodnotí a informuje o úrovni kvality provozu přenosových soustav a jejich významných událostech v pravidelných časových periodách a na základě toho ustanovuje fóra pro řešení spolehlivostních a bezpečnostních aspektů elektrických přenosových soustav v Evropě.[24]

- **Zhotovování síťových kodexů**

Síťové kodexy neboli soubory pravidel jsou vypracovávány ENTSO-E prostřednictvím agentury ACER. Tato agentura vznikla v rámci třetího energetického balíčku v roce 2011. Na základě rámcových pokynů agentury ACER se vytvářejí unijní kodexy sítí, které jsou následně závazné pro všechny účastníky trhu.[25] Tyto kodexy slouží jako prostředek pro dosažení cílů Evropské unie - tedy vytvoření bezpečného, konkurenceschopného a nízkouhlíkového evropského energetického sektoru a propojeného vnitřního trhu s elektřinou. ACER v tomto ohledu spolupracuje s vnitrostátními regulačními orgány, orgány EU a ENTSO-E. Doplňuje tak stávající vnitrostátní předpisy o dodatky týkající se problematiky přeshraničních záležitostí systematickým způsobem.

- **Plány vývoje sítí**

Jedná se o jednotný desetiletý evropský rozvojový plán přenosových soustav (TYNDP), obsahující také předpokládaný vývoj v oblasti zdrojové základny, jenž je vydáván každé dva roky. Tyto studie jsou vytvářeny na základě analýzy vývoje energetického prostředí za spolupráce zúčastněných stran. Vzhledem k tomu, že některé

výhledy jsou časovány nejen deset, ale i dvacet let dopředu, musí se zde počítat s nejistotami ohledně investic, vývoje poptávky, vývoje na trhu a v neposlední řadě také s nejistým vývojem v oblasti výroby. TYNDP scénář je o popisu nejpravděpodobnějšího vývoje, nelze ho tedy brát jako předpověď budoucnosti.[24]

- **Koordinace plánů výzkumu a vývoje**

Zde jde hlavně o účinnou a rychlou implementaci výzkumu a vývoje, jež je nezbytná pro provozovatele přenosových soustav s přihlédnutím k rychlé evoluci odvětví energetiky, a to hlavně v rámci zdrojů a mezinárodních transferů elektřiny.[24]

- **Výhledy přiměřenosti kapacit v letním a zimním období**

Jde o vyměňování aktuálních informací mezi jednotlivými provozovateli přenosových soustav a adekvátních reakcí na ně tak, aby byla zajištěna bezpečnost a spolehlivost přenosu. [24]

## 2 Rozvoj sítí v Evropě

### 2.1 Současnost a období kolem roku 2020

Přenosové soustavy prochází neustálým vývojem, který je nezbytný s přihlédnutím k rostoucí spotřebě elektřiny, a tím pádem také rostoucím nárokům na přenosové kapacity sítí. Na potřebě vývoje přenosových soustav se podepisuje také vývoj energetických zdrojů a cíle EU o zvyšování propojení přeshraničních elektrických sítí, které je dle komise EU jednou z podmínek dokončení integrovaného vnitřního trhu s elektřinou [49].

Dle názoru ENTSO-E by jen investice do potřebných projektů propojení celoevropského významu dosáhly 150 miliard EUR. Tyto investice by však měly být v celkovém důsledku výhodné nejen z technického pohledu a zvýšení spolehlivosti soustavy, ale také z ekonomického hlediska v souvislosti s výsledným snížením cen elektřiny.[49]

Časté přetěžování sítí je dle ENTSO-E zapříčiněno nejen nedostatečnou kapacitou přeshraničních vedení, ale také výskytem slabých a zastaralých vnitřních sítí jednotlivých členů propojení. Pro plné využití potenciálu přenosové kapacity propojení je tedy nezbytné soustředit se na systematické a komplexní posilování a rozšiřování přeshraničních a vnitrostátních propojení. Evropský parlament nejspíše zaměří financování na několik klíčových projektů, které řeší nejpodstatnější nedostatky integrovaného trhu s elektřinou a nedostatečné propojení.[49]

Klíčové plány pro rozšiřování sítí se pak dělí dle jednotlivých oblastí na:

#### **Pobaltí**

Zde se jedná o pobaltské státy, které jsou svázány s elektrickou soustavou Ruska, z čehož plyne jejich závislost na ní. Toto je překážka pro plně integrovaný a fungující evropský trh s elektřinou. Je zde tedy plánována rychlá synchronizace s kontinentální Evropou. Součástí toho je také zlepšení propojení Polska s pobaltskými státy. Ve výsledku by měla být zajištěna integrace dotčených států do vnitřního trhu, větší bezpečnost



dodávek elektřiny, a tím také celého systému. [49]

Probíhající projekty v této oblasti můžeme vidět na Obr. č. 5. Zde si můžeme povšimnout budované dvojpotahové 400 kV linky mezi Litvou a Polskem (červená přerušovaná čára) a dále také HVDC kabelu, spojujícího Litvu se Švédskem (přerušovaná fialová čára).

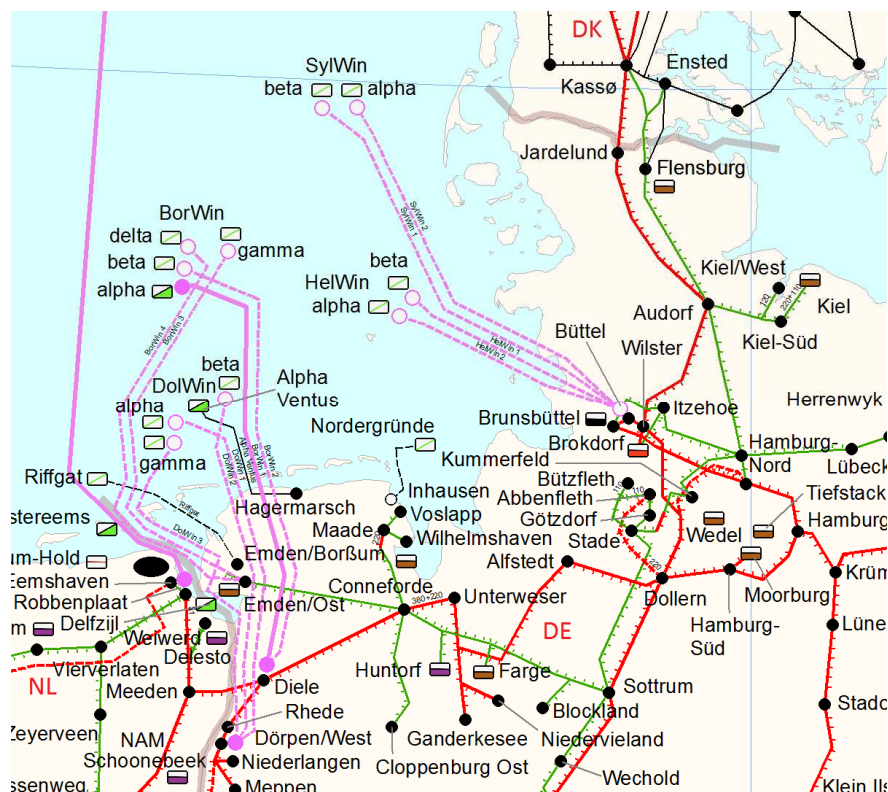


Obr. č. 5: Rozšiřování vazebních sítí pobaltského regionu [23]

### Oblast Severního moře

V této oblasti je středem zájmu hlavně potenciál větrných elektráren, které by dle odhadů měly do roku 2030 generovat více jak 8 % evropské spotřeby elektrické energie. Tomuto obrovskému rozvoji větrných offshore parků se musí samozřejmě přizpůsobovat také síťová základna dané lokality.[49] Vzhledem k vlastnostem stejnosměrného přenosu, kterými se budu zabývat později, se propojení mezi offshore parky provádí pomocí stejnosměrných vysokonapěťových vedení. O obrovském rozvoji těchto HVDC linek svědčí Obr. č. 6, kde jsou budované HVDC linky vyznačeny přerušovanou fialovou čarou

a již provozované stejnosměrné linky pak mají nepřerušovanou fialovou čáru.



Obr. č. 6: Stejnosměrný přenos z offshore větrných parků v Severním moři [23]

## Středozápadní Evropa

Ve spojitosti s tímto regionem se hovoří hlavně o vedení, které by vytvořilo dostatečnou přenosovou kapacitu mezi severem a jihem Německa. To je důležité z důvodu integrace energie z OZE do trhu s elektřinou.[49]

Německo si dalo za cíl tzv. projekt Suedlink<sup>1</sup>, který je nedílnou součástí evoluční německé energetické strategie Energiewende<sup>2</sup>. Jedná se o dvě vedení spojující německé spolkové republiky Šlesvicko-Holštýnsko s Bavorskem a Bádensko-Württembersko také s Bavorskem. Zlomové je zejména první jmenované vedení, které spojuje sever a jih Německa prostřednictvím 800 km trasy. Vzhledem k délce vedení a potřebám tzv. point to

<sup>1</sup> Tzv. vedení pro větrnou energii v Německu spojující sever a jih této země.

<sup>2</sup> Přechod německé energetiky od fosilních a jaderných zdrojů na obnovitelné zdroje.

point připojení<sup>3</sup>, byla i zde zvolena HVDC technologie o napětí 500 kV v částečně kabelovém provedení, a to zejména v místech, kde bude vedení překračovat řeky či významně narušovat ráz krajiny. Původně se počítalo s dokončenou výstavbou do roku 2022 (termín odstavení JE v Německu), ale tento termín nebude Německo nejspíš schopné dodržet, a to zejména vzhledem k problematickému pozemkovému řízení.[50][12] Tuto plánovanou severoněmeckou pátevní linku si můžeme prohlédnout na Obr. č. 7.



Obr. č. 7: Plánované vedení mezi severem a jihem Německa [51]

### **Střední a jihovýchodní Evropa**

Zde je středem zájmu hlavně nevyužitý potenciál v oblasti OZE a důležitým

---

<sup>3</sup> Vedení spojující dvě místa bez přerušení.

úkolem je začlenit země, které nejsou členy EU, do evropsky významných projektů. Jedná se zejména o státy západního Balkánu a Turecka.

Vzhledem k velké závislosti na dovozu elektrické energie oblastí střední a jihovýchodní Evropy (podrobněji v kapitole 3.1.2) je potřeba zvýšit zde přeshraniční přenosové kapacity kvůli zajištění bezpečnosti dodávek a zefektivnění evropského trhu s elektřinou.

Dále je zde nutné posoudit možný potenciál v rozšíření propojení elektrizačních soustav středomořských oblastí a také mezi zeměmi jižní Evropy a severní Afrikou. To vše zejména s ohledem na bezpečnost dodávek a rozvoj OZE v těchto oblastech.[49]

V jihovýchodní Evropě se v dnešní době realizuje několik evropsky významných projektů. Na Obr. č. 8 můžeme vidět 4 vedení, která se v tomto regionu nyní budují. Pro přehlednost jsem tato vedení označil písmeny A, B, C a D. Vedení A je podmořská stejnosměrná linka, která je budována ve směru z Itálie do Černé hory, a bude tak doplňovat již provozovanou stejnosměrnou linku propojující Apeninský a Balkánský poloostrov, která vede z Itálie do Řecka. Venkovní vedení, které zvýrazňuje písmeno B, bude 400 kV linka, která bude propojovat Srbsko a Albánii. Hned vedle ní můžeme u písmena C vidět dvě 220 kV přenosová vedení, která se společně se 400 kV vedením (D) budují pro zvýšení přenosové kapacity mezi Srbskem a Makedonií.

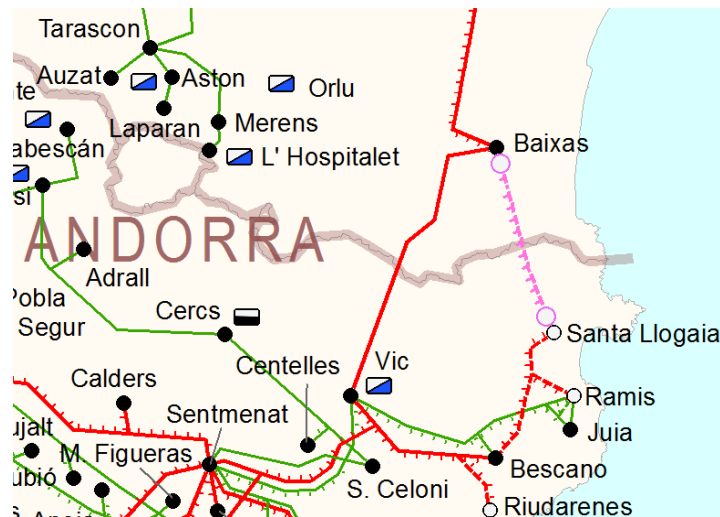


Obr. č. 8: Budovaná mezinárodní propojení v jihovýchodní Evropě [23]

### Pyrenejský poloostrov

Ukazuje se, že současné přenosové kapacity mezi Iberským poloostrovem a kontinentální Evropou jsou nedostatečné. Je tedy potřeba zejména zvýšit přenosové kapacity mezi Španělskem a Francií. Toto zesílené mezinárodní propojení elektrizačních soustav by mělo dva významné přínosy evropského rozsahu. Umožnilo by podpořit nárůst obnovitelných zdrojů a přineslo by Španělsku a Portugalsku větší účast na vnitřním trhu s elektrickou energií.

V současnosti je realizován jeden projekt na zvýšení přenosové kapacity mezi Španělskem a Francií. Jedná se o dvojitou stejnosměrnou linku, která je vidět na Obr. č. 9. Zde je opět vyznačena přerušovanou fialovou čarou.



Obr. č. 9: Propojovací stejnosměrná linka mezi Španělskem a Francií [23]

## 2.2 Rozvoj po roce 2020

Všechna výše popsaná opatření v rámci mezinárodního propojování elektrizačních soustav jsou předsevzetí, která by měla být uskutečněna do roku 2020. Avšak i po tomto roce, a tedy docílení závazku 10% propojení elektrických sítí, bude potřeba přenosové soustavy nadále rozvíjet.

Vzhledem k tomu, že realizace jakýchkoliv úprav energetické infrastruktury, a zejména pak výstavba nového vedení, trvá velmi dlouho, je potřeba již v dnešní době přemýšlet nad tím, jakým způsobem bude možno zdokonalovat energetickou infrastrukturu a to zejména s ohledem na: zvyšování energetické účinnosti, rozvoj decentralizovaných zdrojů elektřiny (OZE) a potenciálně i inteligentních sítí, vývoj zdrojů pro skladování energie a v neposlední řadě také vývoj v oblasti energetických mixů jednotlivých států s ohledem na dlouhodobé cíle EU v oblasti energetiky a ekologie (klimatu) [49].

## 2.3 HVDC technologie

S odkazem na předešlé odstavce můžu bez obav tvrdit, že je dnes HVDC technologie

v Evropě hojně využívaná, a to zejména v těchto oblastech: v přenosech mezi jednotlivými členy ENTSO-E, vyvedení výkonu z offshore větrných parků<sup>4</sup> a pro přenos velkých výkonů na dlouhé vzdálenosti (viz například plánovaná trasa v Německu – kapitola 2.1.). Z těchto důvodů se v této kapitole na HVDC technologii zaměřím podrobněji.

V dnešní době se technologie stejnosměrného napětí používá v přenosech velkých výkonů v těchto oblastech energetiky:

1. U dlouhých kabelových vedení, a to zvláště těch podmořských – zde nelze z důvodu vysoké kapacity použít střídavý proud.
2. Pro přenos velkých výkonů (řádově v tisících MW) na velké vzdálenosti. A to zejména pro vyvedení výkonu z velkých zdrojů. Což je v dnešní době velice aktuální, vzhledem k silnému tlaku na růst elektřiny z obnovitelných zdrojů. Dochází tak k budování velkých solárních farem a větrných parků, často dosti vzdálených od míst spotřeby. Stejnosměrný přenos se tak ukazuje jako vhodný pro vyvedení elektřiny z těchto výroben.
3. Jako tzv. point-to-point propojení, tedy propojení, které spojuje dvě konkrétní místa v elektrizační soustavě. Jako je tomu například u německého projektu Suedlink.
4. Připojení velmi vzdálených spotřeb od přenosových sítí. Jedná se například o velké doly, ropné plošiny a podobně.

### 2.3.1 Výhody stejnosměrného přenosu

- Větší stabilita přenosu.
- Jednodušší řízení – hlavně vzhledem k absenci parametrů napětí jako je přenos a fáze – odstranění nutnosti udržování všech zdrojů soustavy v synchronismu.
- Nižší pořizovací náklady než u střídavé varianty (při překročení určité velikosti v délce přenosu).
- Nižší ztráty ve stejnosměrném přenosu – například bipolární kabelová linka přenášející výkon 700 MW mezi Norskem a Nizozemskem, která byla vybudována v rámci projektu NorNed, dosahuje ztrát v hodnotě pouhých 3,7 % [15].

---

<sup>4</sup> Parky větrných elektráren situované na moři.

- Dlouhými podzemními kabelovými vedeními lze nahradit výstavbu nadzemních vedení, z důvodu jejich vyšší ekologické přijatelnosti.
- Možnost kontrolovat směr a hodnotu přenášeného výkonu.
- Není zde potřeba kompenzačních stanic jalového výkonu.

### 2.3.2 Nevýhody stejnosměrného přenosu

- Již v začátcích rozvoje elektřiny byl upřednostněn přenos střídavého napětí vzhledem k obtížné změně velikosti napětí u stejnosměrného přenosu a dnes stále platí, že pořizovací náklady transformátorů jsou mnohem nižší než náklady na ekvivalentní polovodičové prvky stejnosměrných rozvodů.
- Vzhledem k tomu, že pro každou odbočku ze stejnosměrné linky je potřeba měnírna, jsou stejnosměrné přenosy vhodné pouze k přímému propojení dvou míst.
- Ztráty v polovodičových součástkách, projevující se při kratších přenosech.[13][14]

### 2.3.3 Rozvoj HVDC přenosu

Jak již bylo řečeno, v dnešní době je jednou z příčin rozvoje stejnosměrného přenosu potřeba přenášet výkon z offshore větrných parků umístěných na moři. Uvedl bych zde konkrétní příklad jednoho z velkých větrných offshore parků, kde se využívá HVDC přenosu. Jedná se o německý větrný park BARD Offshore 1 o výkonu 400 MW, sestávající z 80 větrných turbín, který se nachází v Severním moři přibližně 100 km od ostrova Borkum. Elektrický výkon z výrobních jednotek osazených asynchronními generátory je vyveden pomocí trojfázového střídavého napětí 33 kV prostřednictvím podmořského kabelu na transformátorovou plošinu Bard 1. Zde je napětí přetransformováno na 155 kV a odtud je vyveden výkon 1,5 km dlouhým podmořským kabelem na měnírnu napětí BorWin alpha, která je vidět na Obr. č. 10. Tato měnírna s délkou 52 m, šířkou 35 m a váhou 3200 tun, což je pro představu 3,5 větrných elektráren umístěných v tomto offshore parku, je stejně tak jako jednotlivé výroby ukotvena ke dnu prostřednictvím několika tubusů. V této měnírně je napětí usměrněno na 150 kV stejnosměrných. Odtud vede podmořský kabel s názvem BorWin1 na pevninu, kde je jako podzemní vyveden až do rozvodny Diele, spadající pod provozovatele přenosové soustavy



Tennet. Zde je napětí opět změněno na střídavé, a to na velikost 380 kV, což umožňuje připojení do německé přenosové soustavy. Celková délka kabelů je 200 km, z čehož je 125 km vedeno podmořským a 75 km podzemním kabelem.[21][22]



**Obr. č. 10: Měnična napětí BorWin alpha [52]**

Výše popsaný větrný park spolu s měničnou a vyvedením výkonu včetně stejnosměrného kabelu je vidět na Obr. č. 6 (kapitola 2.1).

### 3 Importní a exportní státy v ENTSO-E

V následujících řádcích se zaměřím na rozbor toho, které státy v rámci ENTSO-E jsou převážně exportní nebo importní a jak by se jejich export/import měl vyvíjet do budoucnosti.

#### 3.1 Situace v roce 2014

Jelikož při tvorbě této kapitoly ještě nebyly konkrétní statistiky pro rok 2015 dostupné, spokojím se se statistikami dostupnými pro rok 2014. Myslím, že pro můj rozbor jsou tato data zcela postačující. Následující data byla tedy vytvořena na základě materiálu *Yearly statistics and adequacy retrospect 2014*.

##### 3.1.1 Největší exportéři

Exportní státy jsou ty, které mají zápornou hodnotu výměny elektrické energie, to znamená, že více elektriny vyvázejí, než dovážejí, respektive více vyrábějí, než sami spotřebují.

**Tabulka 2: Největší exportéři v ENTSO-E v roce 2014 [26]**

Země	Saldo (GWh)	Celková výroba (GWh)	Podíl exportu na celkově vyrobené elektrické energii
Francie	-67 225	540 187	12,44 %
Německo	-35 709	561 865	6,36 %
Švédsko	-16 365	151 189	10,82 %
Česká republika	-16 306	80 043	20,37 %
Norsko	-15 585	142 327	10,95 %
Bulharsko	-9 423	41 657	22,62 %

Z uvedené tabulky je zřejmé, že co se týče vyváženého výkonu v ENTSO-E, jednoznačným lídrem je zde Francie a za ní s přibližně polovičním vývozem Německo. Ovšem podíváme-li se na vývoz z pohledu poměru k celkové výrobě daného státu, pak zde vévodí Bulharsko a Česká republika. Oba s více jak dvacetiprocentním exportem z celkově vyráběné elektřiny.

U většiny z těchto států platí, že se na jejich energetickém mixu z výrazné části podílejí fosilní a jaderné zdroje. S výjimkou Švédska a zejména Norska, kde mají výrazný podíl na vyrobené energii vodní elektrárny.[26] U Německa je také nutno podotknout, že se zde výrazná část elektřiny vyrobila pomocí obnovitelných zdrojů, ovšem touto problematikou se budu zabývat později. Šlo mi spíše o nastínění toho, z jakých zdrojů vyrobenou elektřinu jednotlivé státy prodávají. Myslím si, že by bylo spíše na místě, aby státy svými zdroji, jako jsou fosilní paliva, šetřily a nesnažily se za každou cenu o prodej své komodity na úkor možností využívat tyto neobnovitelné zdroje pro vlastní potřebu v budoucnosti. Pro potvrzení svých slov přikládám tabulku s procentuálním zastoupením výroby elektřiny ze jmenovaných zdrojů u vybraných států.

**Tabulka 3: Podíl vyrobené elektřiny z jednotlivých zdrojů k celkové vyrobené elektřině [26]**

Země	Podíl vyrobené elektřiny z:			
	Fosilních elektráren	Jaderných elektráren	Vodních elektráren	Obnovitelných zdrojů (bez VE)
Francie	4,8 %	<b>77 %</b>	12,6 %	5,6 %
Německo	<b>56,5 %</b>	16,3 %	4,3 %	22,9 %
Švédsko	2,3 %	41,1 %	<b>42,5 %</b>	14,1 %
Česká republika	<b>52 %</b>	35,8 %	3,7 %	8,5 %
Norsko	2,4 %	0 %	<b>96 %</b>	1,6 %
Bulharsko	<b>47 %</b>	35,3 %	11,3 %	6,4 %

Vzhledem k tomu, že nelze přesně stanovit, jestli prodáváme kWh elektrické energie vyrobené prostřednictvím obnovitelných zdrojů či fosilních elektráren, budu se ve své úvaze držet výhradně největšího zastoupení výroby prostřednictvím daného zdroje

v energetickém mixu daného státu. Tyto hodnoty jsou v tabulce zvýrazněny. V mé zjednodušené úvaze, do které nezahrnuji regulovatelnost jednotlivých zdrojů, by se dalo říci, že daný stát exportuje elektrickou energii vyrobenou především prostřednictvím daného typu výroby. To by znamenalo, že Německo, Česká republika a Bulharsko v tomto smyslu plývají svými zdroji. Naopak Norsko a Švédsko nakládají v tomto ohledu se svými zdroji poměrně rozumně. Ovšem zde se musí vzít v úvahu také potenciál k vyrábění obnovitelné elektrické energie, a zejména pak elektřiny produkované vodními elektrárnami, který tyto země mají.

### 3.1.2 Největší importéři

Importní státy jsou naopak ty, kterým nedostačuje na uspokojení spotřeby pouze vlastní výroba, ale jsou nuceny elektrickou energii nakupovat.

**Tabulka 4: Největší importéři v ENTSO-E v roce 2014 [26]**

Země	Saldo [GWh]	Celková spotřeba [GWh]	Poměr importu k celkové spotřebě
Itálie	43 748	308 428	14,18 %
Velká Británie	19 465	325 480	5,98 %
Finsko	18 108	83 556	21,67 %
Belgie	17 508	83 632	20,93 %
Nizozemsko	14 954	111 172	13,45 %
Maďarsko	13 389	39 520	33,88 %
Rakousko	9 274	68 917	13,46 %
Řecko	8 820	50 337	17,52 %
Litva	7 623	10 716	71,14 %
Lucembursko	4 919	6 262	78,55 %
Chorvatsko	4 677	16 691	28,02 %
Dánsko	2 984	33 566	8,89 %

Z tabulky můžeme vidět, že největším importérem, s ohledem na celkovou dodanou velikost elektrické energie od okolních zemí, je s velkým náskokem Itálie. Na druhou

stranu se zde dovoz podílí na celkové spotřebě patnácti procenty, což oproti jiným státům není nijak šokující číslo. Takto vysoký dovoz je tedy způsoben spíše celkovou spotřebou elektřiny.

Více zajímavý je spíše fakt, že v oblasti jižní a jihovýchodní Evropy je celkový deficit elektrické energie (započítáme-li do této oblasti, z důvodu zvýraznění problému, také Rakousko) přibližně 80 TWh. Tato elektrická energie sem míří z míst přebytku, tedy z části ze severozápadní Evropy a po cestě často, zvláště v případech velké nadvýroby německých větrných a fotovoltaických elektráren, páchá škody.[26]

Zajímavý je také velký deficit elektřiny Velké Británie, která elektrickou energii čerpá prostřednictvím stejnosměrného podmořského vedení z Francie a Nizozemí. Ve výstavbě je také další HVDC kabel do Velké Británie, a to z Belgie [23].

**Tabulka 5: Seřazení dle největšího podílu importu na spotřebě [26]**

Země	Poměr importu k celkové spotřebě
Lucembursko	78,55 %
Litva	71,14 %
Maďarsko	33,88 %
Chorvatsko	28,02 %
Finsko	21,67 %
Belgie	20,93 %
Řecko	17,52 %
Itálie	14,18 %
Rakousko	13,46 %
Nizozemsko	13,45 %
Dánsko	8,89 %
Velká Británie	5,98%

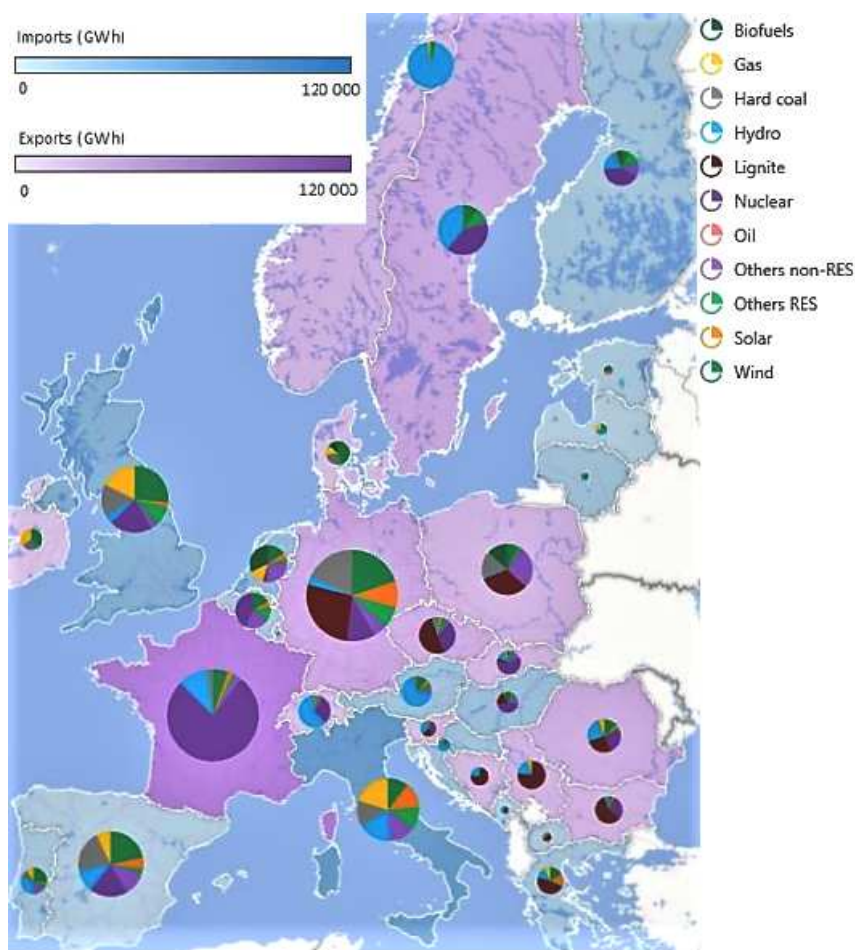
Z tabulky 5 je patrné, které země jsou nejvíce závislé na nákupech elektřiny od jiných států. Můžeme konstatovat, že Lucembursko a Litva jsou přibližně ze tří čtvrtin závislé na nákupu elektřiny od jiných zemí. S velkou závislostí v zásobování elektřinou

pak následují s přibližně 30% deficitem elektřiny Maďarsko a Chorvatsko.

Země, které jsou v tabulce 5 zvýrazněny, spojuje absence jaderných elektráren. Můžeme tedy říct, že na potřebě zásobování elektřinou od zahraničních partnerů se podepisuje absence stabilních energetických zdrojů, jimiž jaderné elektrárny bezesporu jsou. To dokládá také fakt, že mezi největšími exportéry je jen jedna země, která nedisponuje jadernými zdroji elektrické energie a tou je Norsko, které ale, jak již bylo výše popsáno, využívá svých geografických výhod, přesněji řečeno vodních elektráren.

### 3.1.3 Výhled do budoucnosti

Na základě dokumentu TYNDP 2016 by se měly exporty a importy v ENTSO-E do roku 2020 vyvíjet cestou, kterou nejlépe ilustruje následující obrázek.

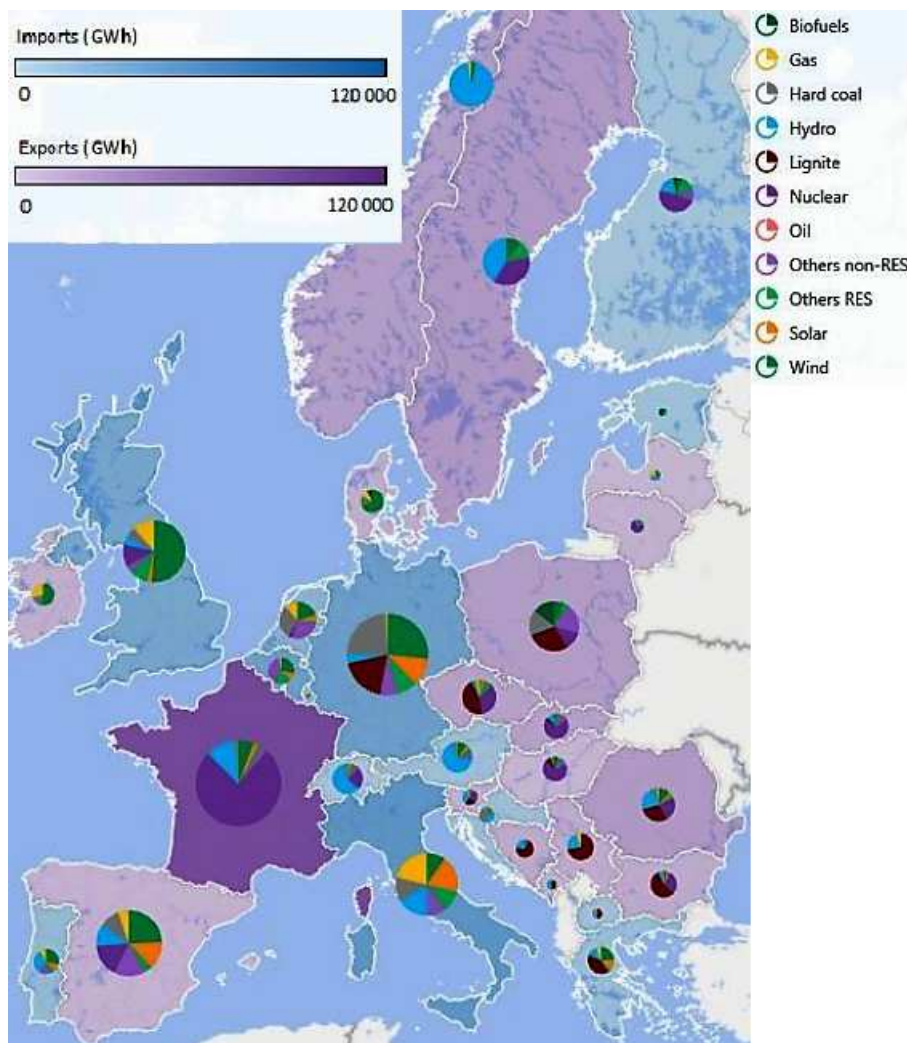


Obr. č. 11: Plánovaný vývoj předávané elektrické energie do roku 2020 [44]

Vidíme, že do této doby by se žádné velké změny v dovozech a vývozech elektřiny v jednotlivých zemích udávat neměly. Výjimkou je Dánsko, které by se mělo stát do roku 2020 lehce exportní. A dále by do roku 2020 mělo Rumunsko zvýšit export své elektřiny a dostat se tak před sousední Bulharsko, což by mohlo přispět ke stabilizaci regionu.

Zajímavější je ovšem posun, který má nastat v evropské energetice do roku 2030. V dokumentu TYNDP 2016 byly dále zveřejněny čtyři vize plánovaného vývoje evropské energetiky do roku 2030. Jejich rozdíly spočívají v tom, jak moc silně bude transformována evropská energetika směrem k rozvoji OZE, omezování oxidu uhličitého a implementaci dokonalejších technologií, a tedy kolik do ní poteče peněz. To vše samozřejmě závisí na ekonomických podmínkách, které nás následujících patnáct let budou provázet. Vize 1 počítá s nejpomalejším vývojem, a naopak vize 3 a 4 s nejrychlejším vývojem a zároveň s nejpříznivějšími podmínkami. Já si myslím, že by bylo dobré se v mojí práci držet spíše racionálních možností vývoje energetiky jako takové a pro svůj rozbor použiji vizi číslo 2, kde je počítáno s omezeným vývojem na základě méně příznivých ekonomických podmínek, ovšem s jednotnou evropskou politikou v rámci energetiky.

Jakým způsobem by se měly vyvíjet transfery jednotlivých zemí je vidět opět na následujícím obrázku.



**Obr. č. 12: Plánovaný vývoj výměny elektrické energie do roku 2030 [44]**

Na první pohled nevypadá vývoj mezi lety 2020 až 2030 příliš dramaticky, avšak radikálně situaci ve střední Evropě mění Německo, které by se do roku 2030 mělo stát importní zemí, což je u státu s největší celkovou spotřebou zásadní posun. V této oblasti bude tedy oproti roku 2014 zvýšena potřeba importu o více jak 40 TWh elektrické energie za rok. Otázkou je, kde se tato elektřina, která bude mimo jiné sloužit jako náhrada výroby německých jaderných elektráren (které mají být odstaveny do roku 2022), vezme. Je paradoxní, že již dnes dováží část ze svého exportu Německo z francouzských jaderných elektráren a dle předpokládaného vývoje budou dotace francouzských jaderných elektráren do německé soustavy sílit. To dokládá také viditelné zesílení exportů z Francie.

Litva by se do roku 2030 měla dle odhadů stát exportní zemí, a to především díky chystané jaderné elektrárně [53].



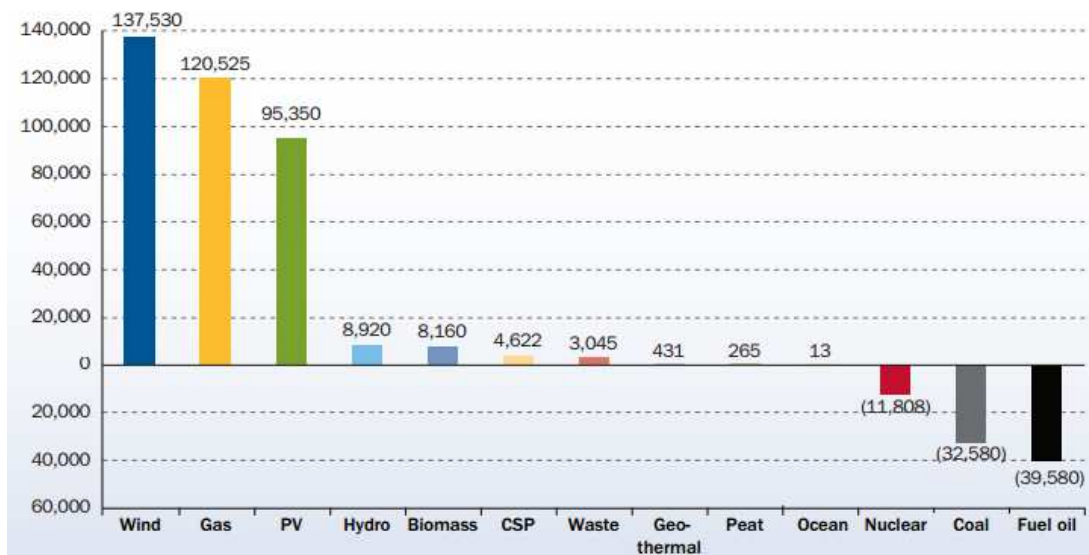
Lehce exportní by se pak mělo stát také Španělsko, a to zejména díky rozmachu obnovitelných zdrojů.

## 4 Zdrojová základna a možnosti evropských lokalit

V posledních letech prochází energetika dynamickým vývojem, a to nejen na evropské úrovni, ale v globálním měřítku. Avšak oproti celosvětovému vývoji je vývoj v evropském spektru limitován velkým důrazem na ekologické požadavky.[27] Přibližně s přelomem tisíciletí je spjat také obrat smýšlení v energetickém odvětví. V tomto období totiž došlo k počátku změn spojených s otázkami v oblasti ekologie, což je spjato s přijutím tzv. Kjótského protokolu zeměmi OSN v prosinci roku 1997. V této mezinárodní smlouvě se účastníci zavázali snížit emise skleníkových plynů v kontrolním období (2008-2012) o 5,2 % oproti roku 1990.[28] A jelikož výroba elektrické energie vytváří cca 80 % skleníkových plynů v EU [29], bylo již tehdy jasné, že energetika Evropy stojí na přelomu mimořádných změn.

K trendu masivního rozvoje OZE navíc přispěl také Klimaticko-energetický balíček z roku 2008, jenž zavazuje Evropskou unii ke snížení emisí skleníkových plynů o 20 % a navíc dosažení 20% zastoupení obnovitelných zdrojů energie na celkové spotřebě do roku 2020, což již bylo podrobně popsáno výše.

Tato fakta nám předurčila směr, kterým se bude v nejbližších letech ubírat evropská energetika. A nejlépe si tuto doslova zdrojovou evoluci, která byla ještě před 25 lety téměř nepředstavitelná, můžeme zdokumentovat na následujícím grafu. Zde je vidět, že za posledních dvacet let zaznamenaly tradiční energetické zdroje, tedy zdroje na fosilní paliva (vyjma paroplynových elektráren), a jaderné elektrárny velký propad v instalované kapacitě a jejich úlohu začaly čím dál více přebírat zdroje obnovitelné ve spolupráci zejména s elektrárnami na plyn.



Obr. č. 13: Instalované a odstavené zdroje v EU mezi lety 1995-2015, (MW) [38]

## 4.1 Zdroje z hlediska vyčerpatelnosti

Je zřejmé, že i přes plány přechodu evropské energetiky na obnovitelné zdroje elektřiny, jsou základem stabilní energetiky zdroje neobnovitelné. U těchto zdrojů je tedy nutné počítat s tím, že jednou dojdou a na základě toho, kdy tomu nastane, je potřeba s nimi patřičně zacházet.

### 4.1.1 Fosilní zdroje

#### Energie ze spalování uhlí

V současné době pokrývají uhelné elektrárny v Evropě (dle statistik agentury IEA) největší část spotřeby elektřiny ze všech neobnovitelných zdrojů elektřiny. Velkou výhodou uhlí je jeho poměrně rovnoměrné geografické rozmístění (na rozdíl od ropy a zemního plynu), nízká cena, hojnost a snadná přeprava.

Mezi jeho zásadní nedostatky patří produkce oxidu uhličitého a devastace krajiny při jeho těžbě. Použití uhlí k výrobě elektřiny pak také prodražuje a zkracuje využitelnost uhlí pro potřeby teplárenství a průmyslu. V těchto odvětvích je uhlí jak v současné době, tak v dohledné budoucnosti, nepostradatelným zdrojem energie.

Postupně se jeho snadno dostupná ložiska vyčerpávají a jeho další těžba se stává čím dál více náročnou. Což například u nás můžeme vidět na neustálých spekulacích o prolomení těžebních limitů a nemožnosti vytěžit některá ložiska uhlí, jako je tomu např. v lázeňské oblasti Karlových Varů.

Odhady toho, na jak dlouho nám při současném trendu spotřeby uhlí tato surovina vydrží, je spousta. Jednoznačně se tato cifra nedá určit, ale je bezesporu jasné, že se jeho zásoby, a zvláště pak ty, které je možné reálně vytěžit, významně snižují. Naopak jeho význam je pro dnešní společnost, a zvláště pak pro energetickou nezávislost, vysoký. Proto by se dle racionálního přemýšlení s touto strategickou surovinou nemělo bezmyšlenkovitě plýtvat a měly by se zdokonalovat současné technologie a hledat technologie nové pro jeho účinnější spalování.[30]

### **Energie ze spalování plynu**

V tomto odvětví energetiky je situace trochu složitější. Druhů zemního plynu je velké množství a některé se ve velkém využívají, u jiných je počítáno s plným využitím až v budoucnu. Celkově lze ale konstatovat, že dle odborných odhadů je celkových zásob zemního plynu pro uspokojení energetické potřeby lidstva v tomto sektoru s ohledem na vývoj spotřeby na přibližně 160 let.

U plynu je však na rozdíl od uranu a uhlí problém s těžbou, přesněji řečeno s nutností provádět několikakilometrové hlubinné vrty (stejně jako u ropy). Dalším komplikujícím faktorem je nutnost exportu upravené suroviny za pomoci plynovodů, či v kapalné formě tankery. Nutno však podotknout, že Evropa v dnešní době disponuje hustou sítí plynovodů, ve kterých se přepravuje zemní plyn vytěžený v Severním moři, Africe a Rusku. V posledních letech pak zaznamenal významný rozvoj také zkapalněný plyn přepravovaný tankery, a to zejména díky snížení nákladů na jeho zkapalnění, které je energeticky poměrně náročný proces.[30][33]

Zemní plyn se jako palivo používá v paroplynových elektrárnách, které mají několik zásadních výhod. Pro současnou evropskou energetiku je pravděpodobně největší výhodou jejich flexibilita provozu. Tento druh elektráren je schopen najet na svůj jmenovitý výkon v průběhu několika minut, což je oproti jaderným a uhelným elektrárnám velmi

významný fakt, a to zvláště při stabilizaci elektrizační soustavy (často v případech nestálé výroby obnovitelných zdrojů energie). Oproti uhelným elektrárnám je zde také zásadně nižší dopad na životní prostředí, ať už jde o produkci popílku či oxidu siřičitého. Jejich velkou předností je také krátká doba výstavby, která se pohybuje přibližně okolo tří let. Nezanedbatelným faktem je také jejich vyšší účinnost, která dosahuje až téměř 60 %. Zásadní nevýhodou je u paroplynových elektráren cena používaného paliva.[34]

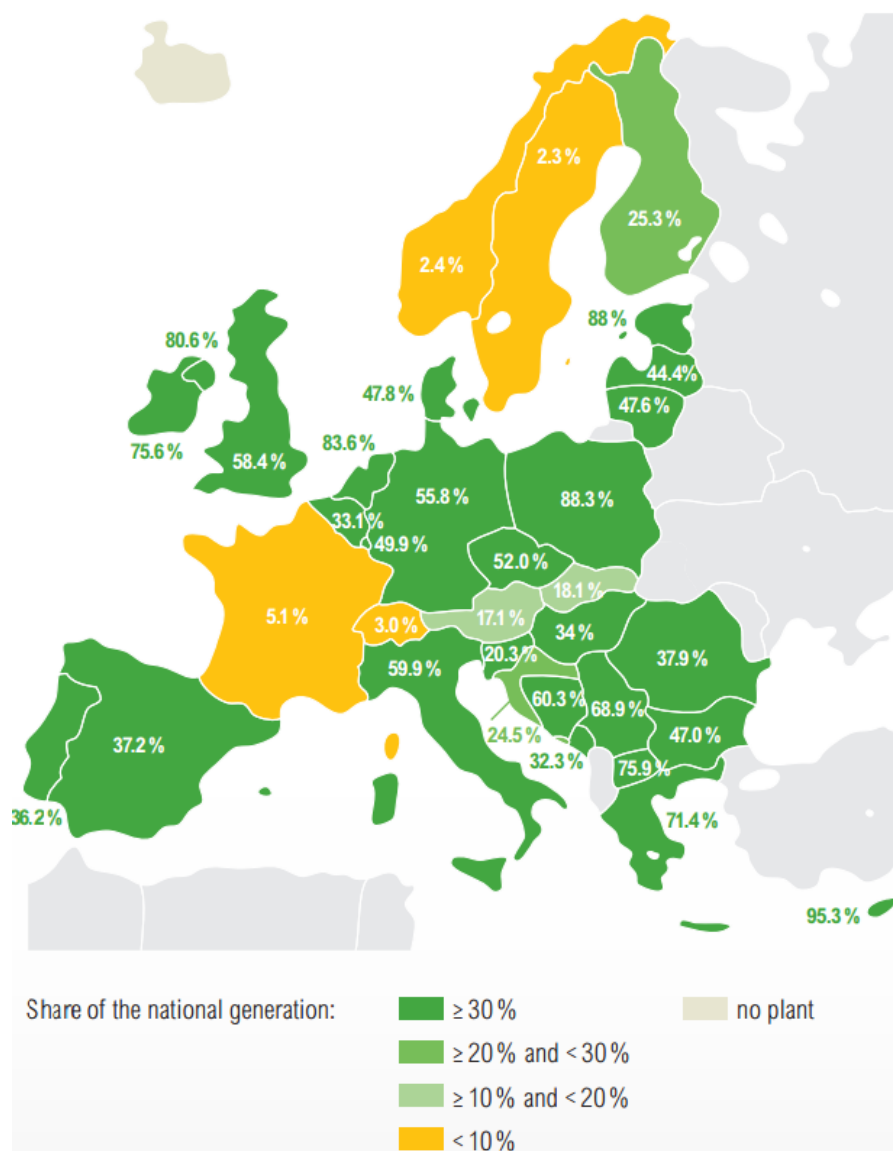
### **Energie z ropy**

Je zřejmé, že ropa v budoucnu nebude hrát v elektrárenském a teplárenském průmyslu velký význam, ale nepřímo se podílí a bude podílet na hodnotách cen uhlí a plynu a dnešní civilizace je na ní závislá téměř ve všech aspektech svého života.[30]

Na to, jakým způsobem jsme na této komoditě závislí, se dle mého názoru málo snažíme přizpůsobit nezpochybnitelnému faktu, že jednoho dne ropa dojde. Její roli pravděpodobně převezme plyn a zčásti také elektřina, popřípadě vodík. Dle mého názoru bychom dnes měli být více motivováni k nákupu elektromobilů a automobilů na zemní plyn. Následně by se omezila globální závislost na ropě, což by stabilizovalo interakci mezi cenou ropy, která je silně vázána na globální politiku, a dopadem na naši civilizaci potažmo také na elektroenergetiku.

#### 4.1.1.1 Výroba z fosilních zdrojů v Evropě

Pro prezentaci toho, jakým způsobem jednotlivé země využívají k výrobě elektrické energie fosilní zdroje, nejlépe poslouží následující obrázek.



Obr. č. 14: Podíl výroby z elektráren na fosilní paliva na celkové výrobě elektřiny [54]

Můžeme vidět, že fosilní zdroje opravdu představují pro většinu zemí ENTSO-E hlavní prostředek pro výrobu elektřiny. Ve většině zemí dosahuje produkce z elektráren na fosilní zdroje více jak 30 % podílu na celkově vyráběné elektřině. Výjimkou jsou v tomto ohledu pouze Norsko, Švédsko, Švýcarsko a Francie. První tři jmenované spojuje výhoda vodních zdrojů pro výrobu elektřiny a Francie čerpá elektrickou energii spíše z jaderných

elektráren. Naopak zemí, jejichž výroba elektřiny je závislá na fosilních zdrojích z více než tří čtvrtin, je hned několik. Nejdůležitější z hlediska velikosti vyrobené energie jsou: Polsko, Estonsko a Nizozemsko.

Dále pak pro představu o tom, které země spotřebují nejvíce fosilních zdrojů, uvádím následující tabulku, která ukazuje státy s největším množstvím vyráběné elektrické energie prostřednictvím elektráren na fosilní paliva.

**Tabulka 6: Státy s největším množstvím vyráběné elektřiny z fosilních paliv [26]**

Země	Výroba z fosilních zdrojů celkem (GWh)	Podíl na celkové výrobě	Převažující surovina (popřípadě druhá nejrozšířenější)
Německo	317 247	55,8 %	hnědé uhlí, (černé uhlí)
Velká Británie	212 174	58,4 %	černé uhlí, (plyn)
Itálie	159 997	59,9 %	plyn
Polsko	128 402	88,3 %	černé uhlí, (hnědé uhlí)
Španělsko	99 600	37,2 %	plyn, (černé uhlí)
Nizozemsko	80 399	83,6 %	plyn

#### 4.1.2 Energie z jaderného štěpení

Odhadované zásoby uranu by měly vystačit při současném využívání jaderné energie na několik set let. To se však nebere v úvahu fakt, že ložiska uranu nejsou zdaleka tak dobře prozkoumána jako například ložiska ropy či zemního plynu, a navíc by bylo možné při přechodu na rychlé množivé reaktory využívat také izotop uranu 238. Kdyby se dal využít tento izotop, který je velkou většinou zastoupen v uranové rudě, prodloužilo by to možnou funkčnost jaderné energetiky na mnoho století, případně až několik tisíc let. A to má ještě jaderná energetika další velké možnosti ve využití thoria, jehož je na Zemi třikrát více než uranu.

Velký potenciál má jaderná energetika také v teplárenství, jelikož jsou přibližně dvě třetiny energie přeměňovány v jaderných elektrárnách na teplo. Této myšlence zabraňuje fakt, že jaderné elektrárny jsou zatím stavěny mimo hustě zabydlené oblasti. Avšak bylo

by možné toto teplo využít například v průmyslu.

Mezi největší nevýhody jaderné energetiky patří pro investory nepříliš motivující vysoké investiční náklady a také dlouhá doba výstavby. Dále je zde nutné zajistit náročná bezpečnostní opatření se specifickým kvalitativním dohledem, aby bylo zabráněno jakýmkoliv bezpečnostním rizikům spojeným s vysokým uvolňováním energie v jaderných reaktorech. To by však dle mého názoru neměl být v tak technologicky a vzdělanostně pokročilých zemích, kterými evropské státy beze sporu jsou, problém. Navíc se jedná o stabilní region, ve kterém jsou rizika přírodních katastrof, jako např. vlny tsunami a zemětřesení, poměrně nízká.

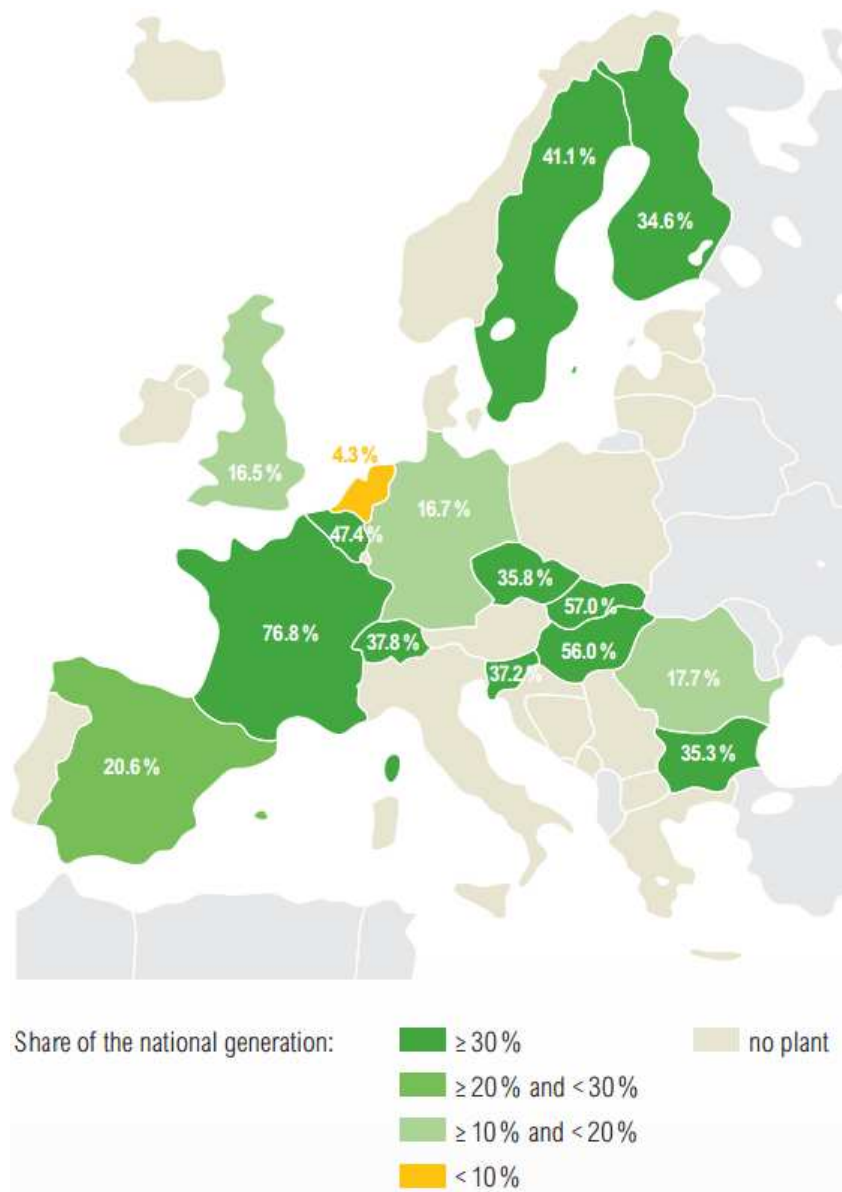
Pro jadernou energetiku také hraje fakt, že je tento zdroj z ekologického hlediska velmi přijatelný, vzhledem k jeho nízkým emisím skleníkových plynů. Vezmeme-li v úvahu cíle, které nastavuje EU v oblasti ekologie, jedná se o zásadní argument. Dále ve prospěch JE v tomto ohledu přispívá také stoprocentní bezprašnost.

Dalšími aspekty, které hovoří pro JE, jsou nízké náklady na produkci elektřiny, které jsou spojeny s nízkou spotřebou paliva. Tato cena je navíc vysoce stabilní. Aby došlo ke zdvojnásobení ceny elektřiny, která pochází z JE, musela by se cena uranu zvýšit desetinásobně, což je při porovnání s elektrárnami na fosilní paliva, kde ceny vyráběné elektřiny rostou úměrně s cenami dané suroviny, více než přívětivé. Palivem pro JE je možné se díky jeho relativně malé spotřebě navíc poměrně snadno předzásobit, a tak je tento zdroj vysoce spolehlivý s ohledem na energetickou soběstačnost dané lokality.[30][31]

Největší překážkou jaderné energetiky jsou dle mého mínění politické a ideologické aspekty, které jsou od samotného vzniku tohoto segmentu energetiky největším kamenem úrazu jejich bezproblémového rozvoje. Typickými zástupci s negativními postoji k jaderným zdrojům energie jsou Německo, Rakousko a Itálie. O odstavení JE v Německu jsem se zmiňoval již v předchozích kapitolách, avšak zajímavé je v tomto ohledu také Rakousko, které se rozhodlo svou jedinou jadernou elektrárnu, čekající už jen na zprovoznění, nespustit. To vše díky referendu, a to navíc jen velmi těšnému.[32]

### 4.1.2.1 Výroba z jaderných zdrojů v Evropě

Pro ilustraci, v jakém stavu se nachází jaderná energetika současné Evropy, opět přikládám následující obrázek.



Obr. č. 15: Podíl výroby z jaderných elektráren na celkové výrobě elektřiny [54]

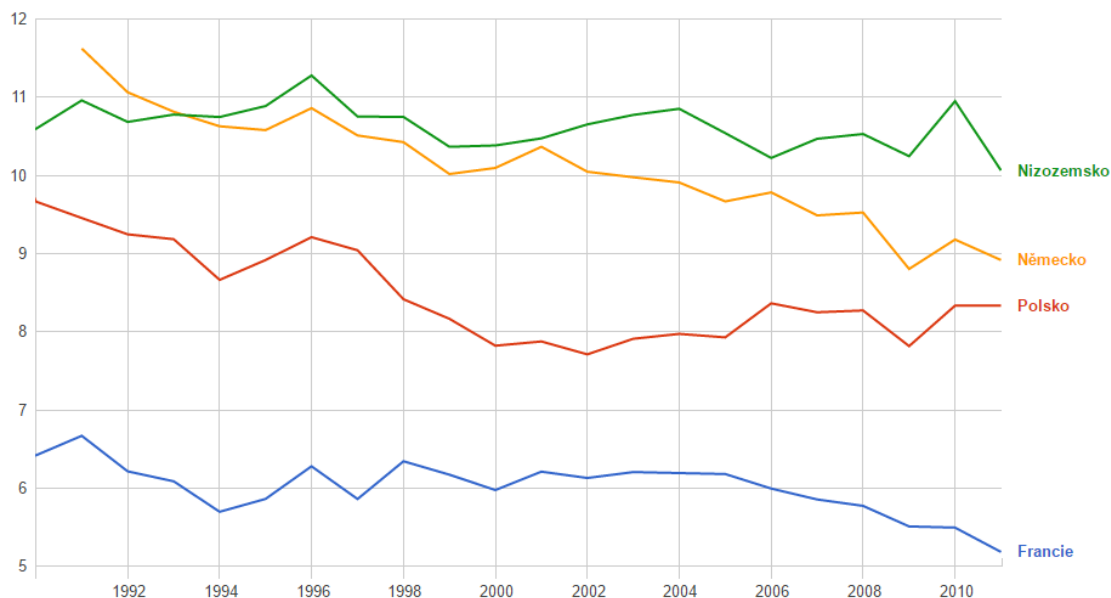
Je zřejmé, že jaderné elektrárny nejsou zdaleka rozšířeny tak jako nejstarší typ klasických elektráren, tedy elektrárny na fosilní paliva. Zemí, které používají pro výrobu elektřiny jaderné zdroje, je v ENTSO-E necelá polovina. Důvodů, proč tomu tak je, je samozřejmě spousta. I když je jaderná energie vhodná pro státy, které nemají přílišný potenciál pro výrobu elektřiny například z vodních elektráren, či velké uhelné zásoby,



odrazují od jejího využívání zvláště velké investiční náklady a bezpečnostní nároky, jak bylo popsáno výše.

Na rozdíl od fosilních elektráren, které slouží často jako doplněk energetického mixu, můžeme říct, že pokud již stát využívá jaderné elektrárny, pak jsou pro něj stěžejní součástí energetiky. To platí v Evropě s jednou výjimkou a tou je Nizozemsko, u něhož se podílejí na výrobě elektřiny jaderné elektrárny přibližně jen ze 4 %.

Státem, který má svůj energetický mix tvořen hlavně výrobou elektřiny prostřednictvím JE, je Francie. Jaderné elektrárny ve Francii vyrábějí téměř 77 % z celkově vyrobené elektřiny. O tom, jaký dopad má francouzská strategie energetiky na emise CO<sub>2</sub>, nejlépe vypovídá následující Graf, do něž jsem vybral pro porovnání Nizozemsko, Německo a Polsko, protože tyto státy upřednostňují fosilní zdroje elektřiny (v případě Polska a Nizozemska z více jak 80 %). Na grafu můžeme vidět vývoj emisí CO<sub>2</sub> v tunách na obyvatele mezi lety 1990 až 2011. Francie, která je v oblasti energetiky evropskou jadernou velmocí, má emise CO<sub>2</sub> nejnižší ze všech vybraných států.<sup>5</sup>



Obr. č. 16: Emise CO<sub>2</sub> na obyvatele v tunách [55]

<sup>5</sup> Jedná se pouze o přibližné srovnání, je nutno zde brát v úvahu rozdílnou hustotu zalidnění a také rozdílně vyvinutý průmysl.

Vedle Francie je jaderná energetika významná také na Slovensku a v Maďarsku (podíl na výrobě z více jak 56 %), následují Belgie a Švédsko (více jak 40% podíl).

V ENTSO-E probíhá v současnosti výstavba tří jaderných bloků. Dva jsou budovány ve slovenské jaderné elektrárně Mochovce a jeden na severozápadě Francie. Porovnáme-li to s Čínou, kde se v současné době buduje více jak 20 jaderných reaktorů, jedná se o z globálního pohledu nepřilíš významné projekty.[56]

## 4.2 Zdroje z hlediska regulovatelnosti výkonu

Elektrická energie je velice specifická komodita, a to zvláště díky své nesnadné skladovatelnosti a také faktu, že v každém okamžiku musí platit rovnováha mezi výrobou a spotřebou. Proto je zřejmé, že jedna věc je například snažit se mít energetický mix složený z daného počtu obnovitelných zdrojů, ale věcí druhou je potřeba mít v záloze vhodný zdroj, který je schopen nahradit OZE v případě, kdy jejich produkce není schopna pokrýt spotřebu. A zde je právě důležitá problematika regulovatelnosti výkonu a tedy za jak dlouho je schopný daný zdroj najet ze studeného stavu do plné výroby, či jak rychle a o kolik procent se dá regulovat jeho výkon od výkonu jmenovitého.

Zdroje by se dle toho, jakým způsobem umí nedostatky výkonu v elektrizační soustavě pokrýt, daly rozložit na čtyři typy:

1. Akumulační zdroje – do nich lze elektrickou energii ukládat a v případě potřeby libovolně odebírat.
2. Špičkové zdroje – výkon těchto zdrojů lze velice rychle měnit v čase a lze z nich odebírat elektrickou energii na základě potřeb soustavy.
3. Zdroje základního zatížení – na rozdíl od špičkových zdrojů nelze jejich výkon rychle měnit v čase.
4. Intermitentní zdroje – výkon z nich dodávaný závisí na externích parametrech, to znamená, že jejich výrobu nelze přizpůsobovat potřebě elektrické soustavy

Je zřejmé, že dnešní energetika zvláště v důsledku rozmachu obnovitelných zdrojů, které spadají do čtvrté kategorie, vyloženě prahne po zdrojích číslo 1. Jsou vykládány

nemalé finance na hledání nových a zdokonalování známých technologií pro ukládání elektrické energie. Vždy jde především o to, jak nejefektivněji přeměnit elektrickou energii na jiný typ energie tak, aby se pak tato energie dala co nejvýhodněji přeměnit zpět na elektrickou. Avšak stále platí fakt, že v oblasti energetiky jsou v této úloze stále nejpříznivější akumulární vodní elektrárny, které ale vyžadují velké prvotní investice a příznivé prostředí s ohledem na geografické dispozice dané země.

Zdroje základního zatížení, což jsou zejména jaderné, uhelné a průtočné vodní elektrárny, je pak nutné vhodně kombinovat se zdroji typu 1 a 2. Specifické postavení mezi zdroji 2. kategorie mají zdroje plynové, jejichž význam bude pravděpodobně v evropské energetice stoupat, a to vzhledem k jejich popsaným výhodám v kapitole 4.1.1 a také z důvodu, že mohou účinně pokrývat špičky a také nestabilitu výroby zdrojů typu 4.[30]

Rád bych se v této kapitole také věnoval plynulosti provozu jednotlivých zdrojů. Vyjma zdrojů čtvrté kategorie, jejichž výroba v podstatě nelze řídit a predikovat, je důležitým charakteristickým prvkem jednotlivých elektráren také doba jejich rozběhu. Nejméně výhodnými jsou z hlediska této problematiky jaderné elektrárny, jejichž uvedení na plný výkon trvá až několik týdnů. Uhlé elektrárny najíždí na plný výkon až půl dne.[35] Velice výhodně se zde pak jeví paroplynové elektrárny, které jsou schopny najet na plný výkon do několika minut.

### 4.3 Potenciál OZE v Evropě

Za posledních 15 let zaznamenaly OZE v Evropě obrovský rozmach. To vše zejména díky již výše popsaným důvodům, které souvisí s přijutím Kjótského protokolu a Klimato-energetického balíčku. O tom, jak výraznou transformací z hlediska rozvoje OZE prošly mezi lety 2000 - 2015 země EU, hovoří nejlépe následující tabulka.

**Tabulka 7: Procentní zastoupení různých zdrojů v celkové výrobě elektřiny v EU [38]**

Zdroj energie		Podíl zdroje v energetickém mixu	
		Rok 2000	Rok 2015
Uhlí		24,4 %	17,5 %
Jádro		22,6 %	13,2 %
Voda		20,7 %	15,5 %
Plyn		16,9 %	21,1 %
Ropa		11,4 %	3,7 %
OZE	Vítr	2,4 %	15,6 %
	FVE	0,2 %	10,5 %
Ostatní		1,4 %	2,9 %

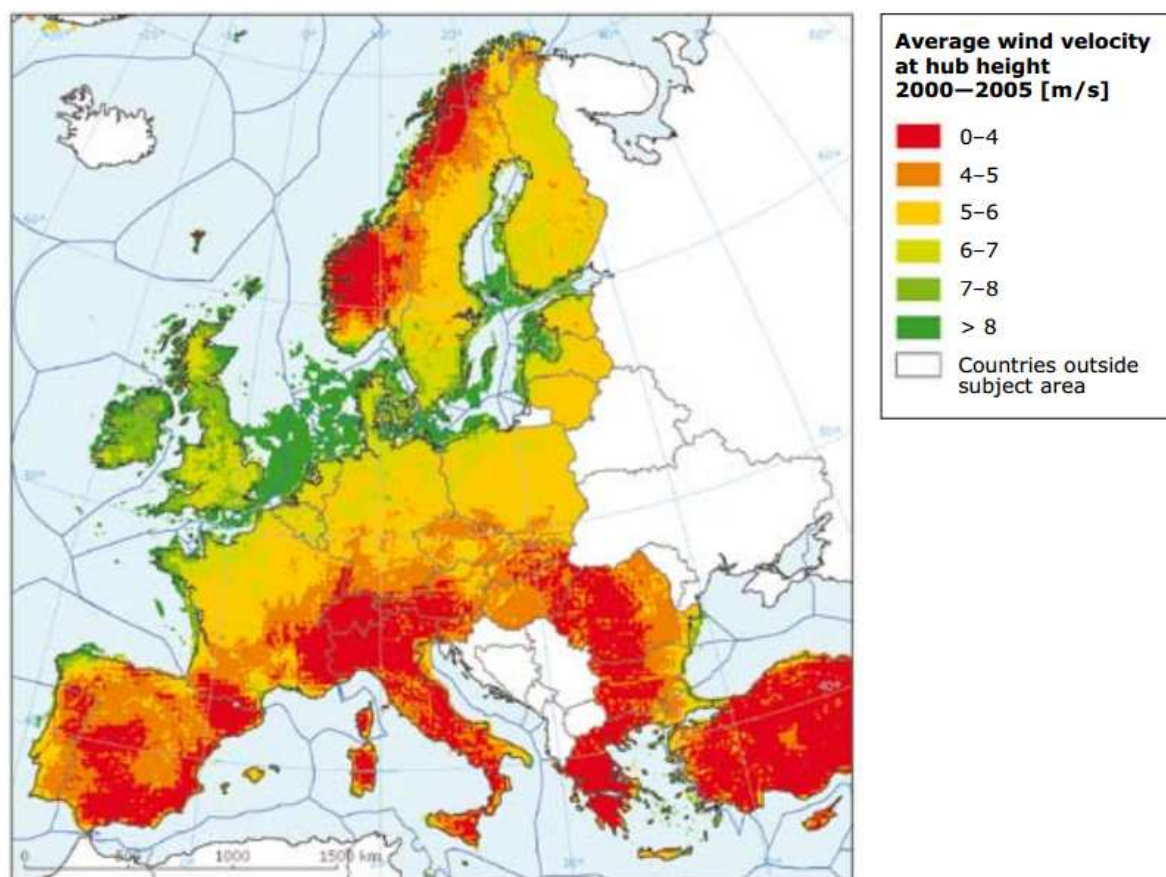
V uvedené tabulce můžeme vidět dramatický nárůst energie z větru a fotovoltaických elektráren v energetickém mixu zemí EU, který dohromady činí téměř 25 %. To vše je zřejmě především na úkor energie z uhelných a jaderných elektráren, jejichž propad v energetickém mixu v popisovaném období činí dohromady přibližně 16 %. O tom, jak moc efektivní tato náhrada klasických elektráren je, by se dalo polemizovat. Stěžejním faktorem v této problematice je dle mého názoru fakt, že pro každý jednotlivý MW, dodávaný prostřednictvím fotovoltaických a větrných elektráren, musí být v záloze jiný zdroj elektrického výkonu, který případnou nevýrobu těchto obnovitelných zdrojů musí pro bezproblémový chod sítě suplovat. Z těchto důvodů pravděpodobně vidíme také čtyřprocentní nárůst snadno regulovatelných elektráren na plyn.

#### 4.3.1 Energie větru

O tom, že potenciál výstavby onshore větrných elektráren je již v podstatě vyčerpán, jsem psal již v bakalářské práci. V následující kapitole se tak budu zabývat zejména potenciálem offshore větrných elektráren, tedy elektráren umístěných na moři.

O potenciálu větrných elektráren na evropském kontinentu jasně hovoří následující dvě mapy. Na první z nich můžeme vidět průměrnou rychlost větru ve výšce 80 m na pevnině a 120 m na moři. Z hlediska kritéria průměrné rychlosti větru je dobře patrný potenciál instalace větrných elektráren v oblastech Baltského a Severního moře, kde je

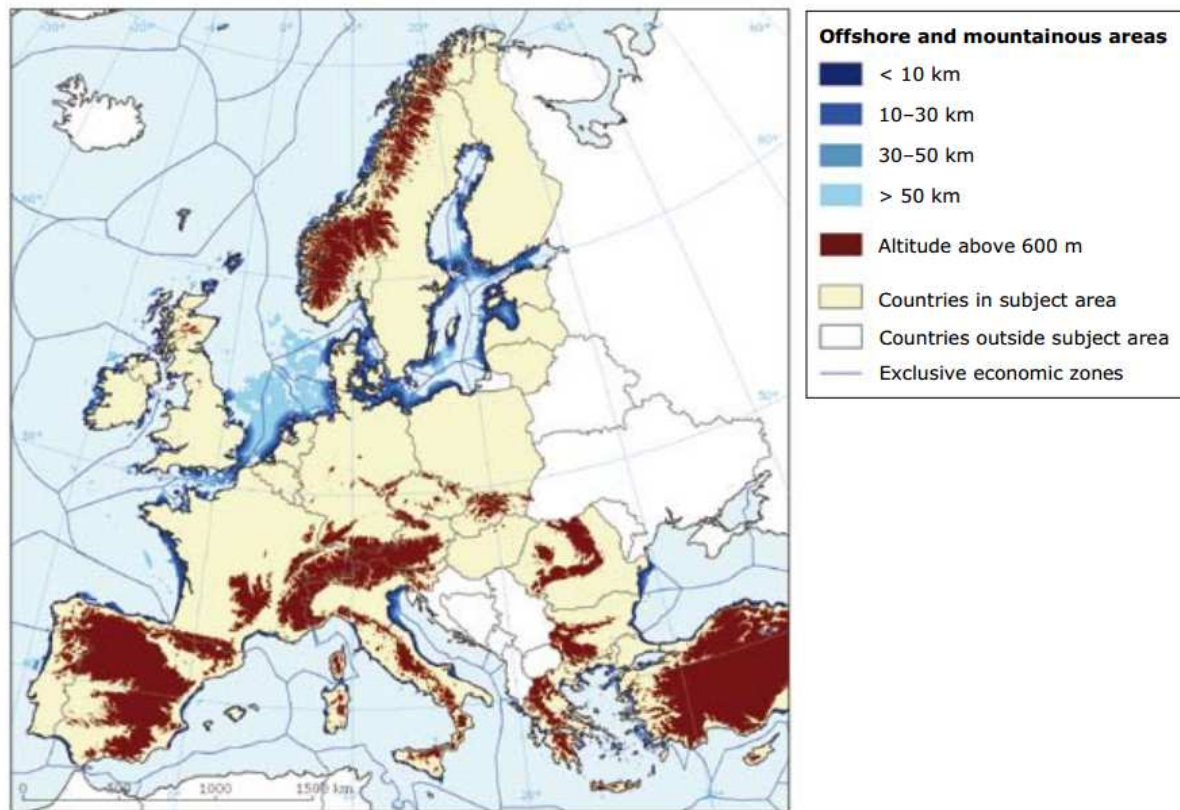
průměrná rychlost větru vyšší než 8 m/s. Tato hodnota je velmi důležitá, protože současné větrné elektrárny jsou provozovány při rychlostech větru mezi 5 a 25 m/s, z čehož vyplývá, že v těchto oblastech je teoreticky možný jejich velice efektivní provoz. Typický koeficient ročního využití elektráren budovaných v těchto podmínkách je až 50 % [30], což jasně hovoří o potenciálu, který zde tyto jinak nepřilíš predikovatelné zdroje mají. Obrovský potenciál ve větrné energetice je také na Britských ostrovech, jejichž celé území vykazuje v tomto ohledu velmi výhodné podmínky. Dalšími lokalitami s velmi vysokou průměrnou rychlostí větru jsou: celé pobřeží Norska, Litvy, Lotyšska, Estonska, severozápadní pobřeží Pyrenejského poloostrova, oblast kolem západního pobřeží Černého moře a území řeckých ostrovů.



**Obr. č. 17: Průměrná rychlost větru ve výšce 80/120 m (onshore/offshore) [39]**

V druhé mapě jsou pak vyznačena místa, která jsou teoreticky vhodná pro instalaci offshore větrných elektráren, a to z hlediska hloubky moře (pro instalaci offshore větrných elektráren by neměla být hloubka moře větší než 50 m) a vzdálenosti od pobřeží. Z toho je zřejmé, že nejvýhodnějšími místy pro instalaci offshore větrných elektráren jsou místa

vyznačená na mapě tmavě modrou barvou. Naopak v oblastech vyznačených světle modrou barvou rostou investice zde potenciálně instalovaných offshore větrných parků, a to zejména nutností vyvedení výkonu podmořskými kabely na velmi dlouhé vzdálenosti.



Obr. č. 18: Lokality pro offshore větrné elektrárny [39]

#### 4.3.1.1 Větrné elektrárny v Evropě

To, jak jsou na tom jednotlivé země ENTSO-E, znovu nejlépe zdokumentují prostřednictvím obrázku Obr. č. 19, který zobrazuje procentní podíl elektřiny z větrných elektráren na celkové produkci. Zde můžeme vidět, že větrnou energetiku ovládá v Evropě několik lídrů, v jejichž čele stojí Dánsko s 42 % podílem VTE na výrobě elektřiny. Významně zastoupeny v producentech elektřiny jsou pak větrné elektrárny v Portugalsku, Irsku a Španělsku (kolem 20 %).

Porovnáme-li Obr. č. 17 s Obr. č. 19, můžeme říci, že všechny země, až na Polsko, Francii a zejména Lotyšsko a Finsko, se snaží plně využívat svého větrného potenciálu.



**Tabulka 8: Produkce elektrické energie z větrných elektráren [26]**

Země	Elektrická energie z VTE (GWh)
Německo	55 484
Španělsko	51 027
Velká Británie	29 005
Francie	17 085
Itálie	15 068
Dánsko	13 061
Portugalsko	11 812
Švédsko	11 475

### 4.3.2 Energie vody

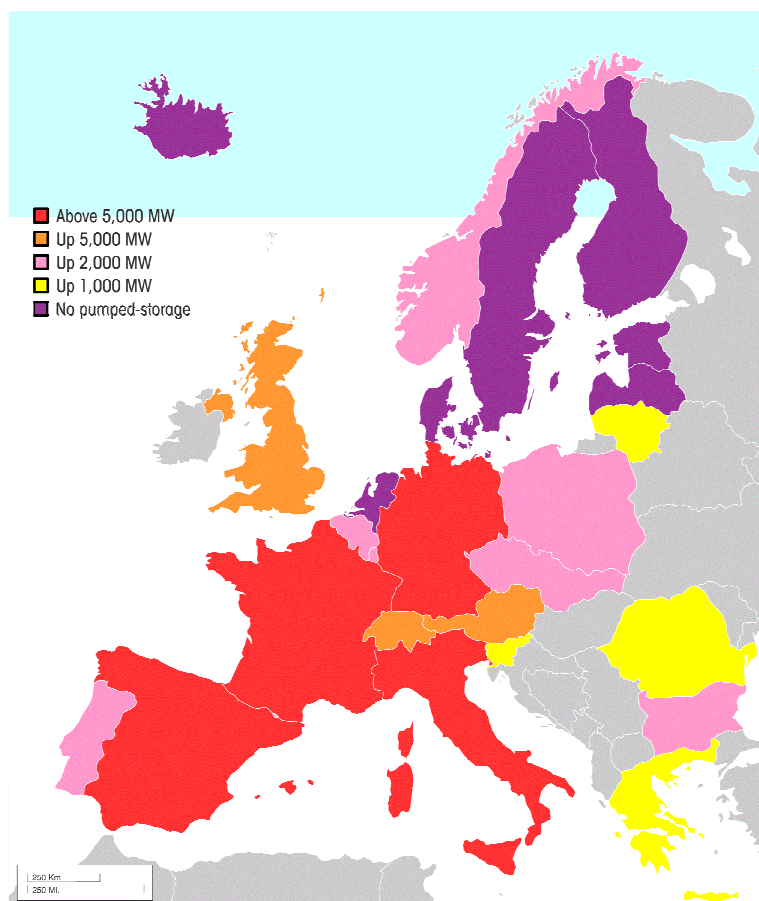
Vodní elektrárny jsou v současnosti nejběžnější a nejintenzivněji využívané obnovitelné zdroje energie. Tyto zdroje jsou bezemisní a produkují stabilně značné množství elektřiny. Avšak jejich použití je silně svázáno s geografickými dispozicemi dané země. Pro instalaci velkých vodních zdrojů jsou potřeba velké řeky nebo vysoké hory, kde je možno docílit produkce velkého výkonu díky velkým spádům. Avšak na rozdíl od ostatních obnovitelných zdrojů, byl již potenciál velkých vodních zdrojů, díky jejich delší historii, prakticky vyčerpán. Přestože ještě stále existují možnosti pro instalaci velkých děl, je jejich realizace značně omezená zejména z ekologického hlediska. Nové vodní elektrárny tak v budoucnu budou spíše řešeny jako decentralizované zdroje v podobě malých vodních elektráren, což však celkový podíl vody na produkci elektřiny pravděpodobně významně neovlivní. Velký potenciál mají v dnešní době spíše přečerpávací vodní elektrárny, jejichž naakumulovaná energie by mohla přispět k vykrytí snížené produkce fotovoltaických a větrných elektráren. Avšak jejich potenciál výstavby je také značně omezený jak geograficky, tak ekologií.[30]

#### 4.3.2.1 Rozvoj přečerpávacích vodních elektráren

Vzhledem k rozvoji intermitentních zdrojů elektrické energie je čím dál tím více potřeba akumulace elektřiny. Zejména proto, že jediným ekonomicky a technologicky výhodným akumulátorem energie (v oblasti velkých výkonů) jsou v dnešní době



přečerpávací vodní elektrárny, zažíváme v poslední době jejich velký rozvoj. V roce 2011 bylo napříč Evropou v provozu asi 170 přečerpávacích vodních elektráren s celkovou kapacitou kolem 45 GW. Více než polovina z instalovaného výkonu je soustředěna ve čtyřech zemích: Itálii, Německu, Francii a Španělsku. Přesné rozložení instalovaného výkonu přečerpávacích vodních elektráren v Evropě si můžeme prohlédnout na Obr. č. 20.

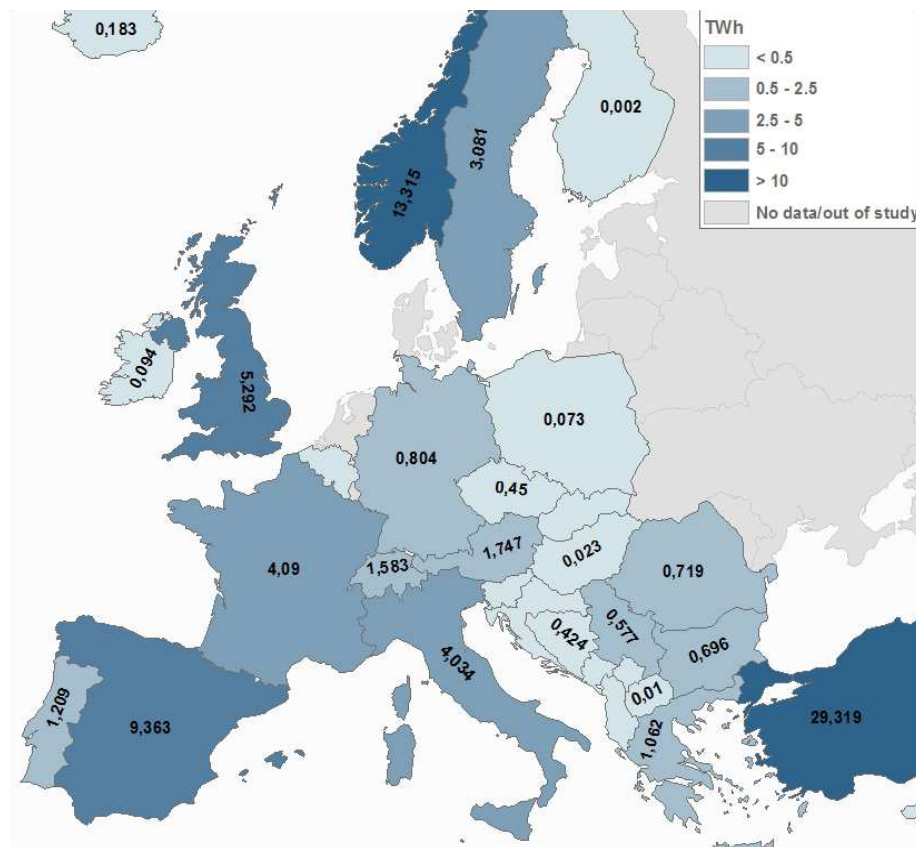


**Obr. č. 20: Instalovaný výkon přečerpávacích vodních elektráren v roce 2011[40]**

Na základě výsledků průzkumu evropského trhu byla v roce 2011 zveřejněna firmou Ecoprolog studie, dle níž je ve výstavbě nebo v plánu 50 nových přečerpávacích elektráren. Většina z největších nových zařízení je instalována v zemích s velkými podíly větrné a solární energie (např. Pyrenejský poloostrov) a v zemích s příhodnými geografickými podmínkami (Švýcarsko a Rakousko).[40]

Pod záštitou Evropské komise byla vypracována studie potenciálu přečerpávacích vodních elektráren v Evropě. Hodnocena byla na základě dvou scénářů, tzv. realizovatelného a teoretického. Realizovatelný scénář vylučuje místa blízko k centřům

populace, chráněná území a místa s důležitou dopravní infrastrukturou. Dále byla studie rozdělena na dvě topologie, první počítá se dvěma existujícími nádržemi, u kterých by došlo k propojení, a druhá počítá s jednou existující a druhou nově vybudovanou s maximální vzdáleností do 20 km. Dle realizovatelného scénáře a druhé topologie se předpokládá možný potenciál kolem 50 TWh elektrické energie, uložené přečerpávacími vodními elektrárnami v Evropě. Dalších téměř 30 TWh by pak bylo možné vybudovat v synchronně připojeném Turecku. Pro porovnání bylo za celý rok 2014 všemi přečerpávacími elektrárnami v ENTSO-E dodáno přibližně 50 TWh elektrické energie [26]. Detailně si potenciál jednotlivých evropských lokací můžeme prohlédnout na Obr. č. 21.



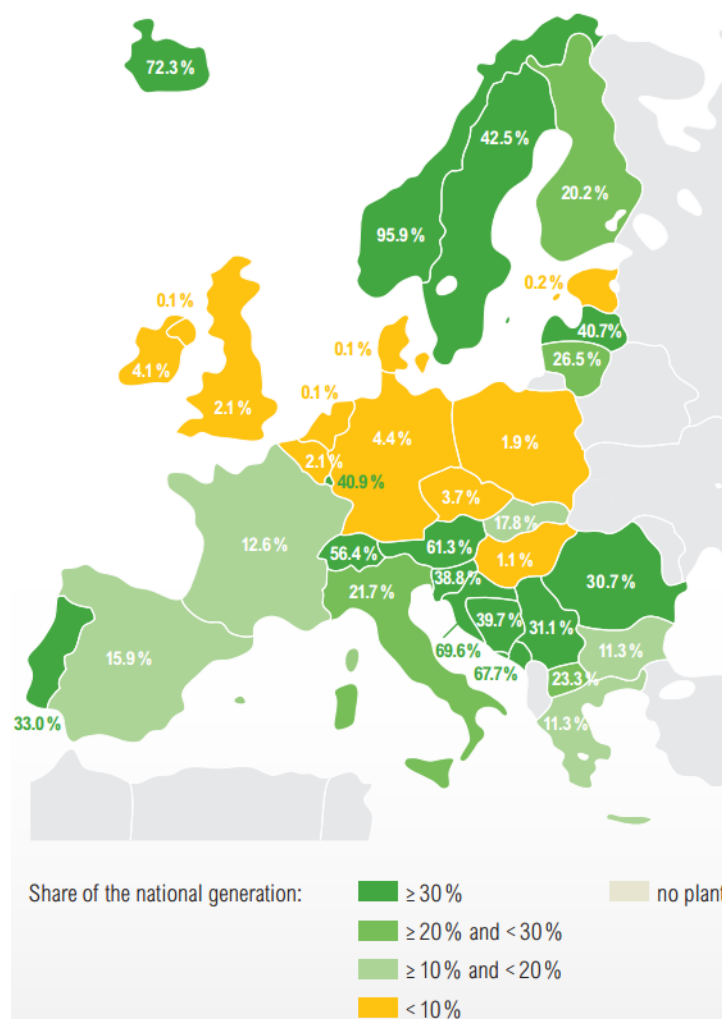
Obr. č. 21: Potenciál přečerpávacích vodních elektráren v Evropě a Turecku [41]

Zde můžeme vidět, že největší potenciál pro instalaci přečerpávacích elektráren v Evropě má zejména Norsko, Španělsko a Velká Británie. Vhodná teoretická kapacita přečerpávacích vodních elektráren chybí naopak například v Německu, jehož potřebu by však v tomto ohledu mohly do budoucna suplovat okolní státy. Zejména se pak uvažuje o proudění přebytků elektrické energie z větrných elektráren, umístěných v Baltském moři,

směrem do Norska [15].

#### 4.3.2.2 Ostatní typy vodních elektráren v Evropě

O zastoupení vodních elektráren ve výrobě elektřiny jednotlivých evropských lokací svědčí nejlépe následující obrázek.



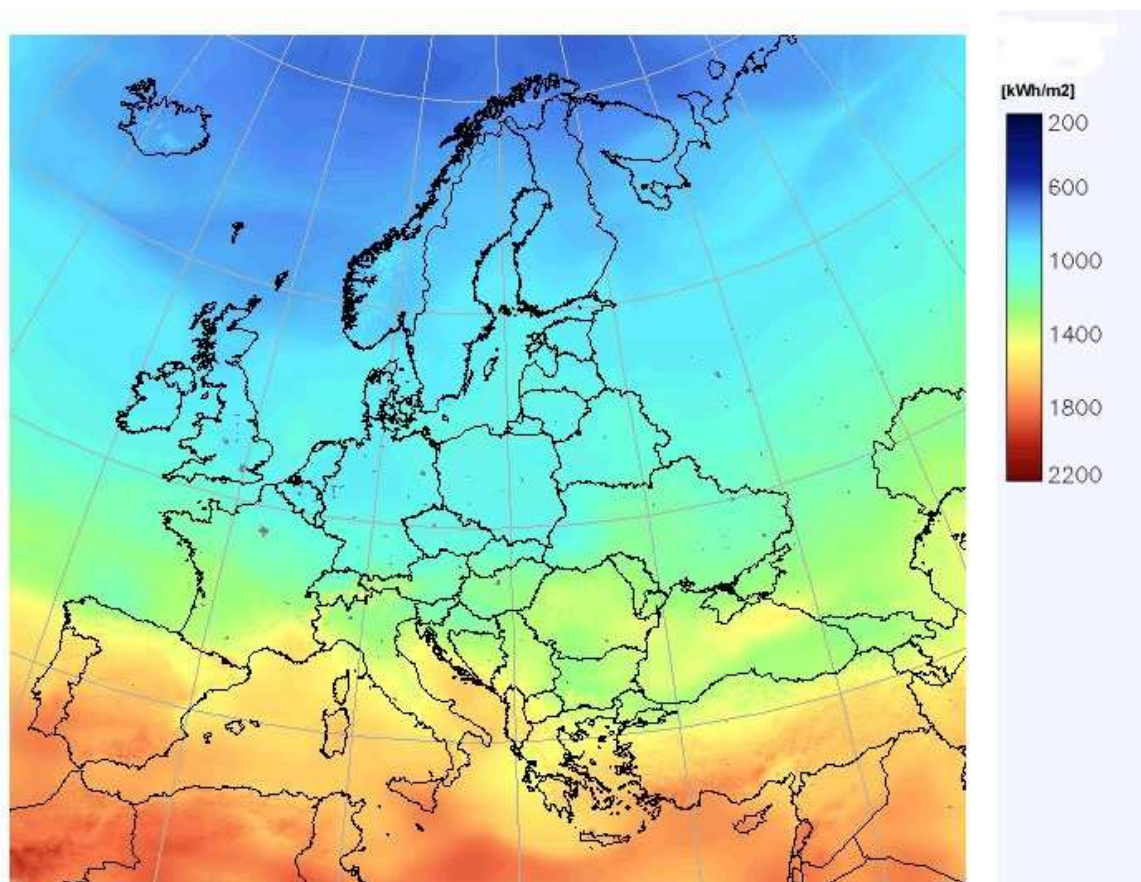
Obr. č. 22: Podíl vodních elektráren na celkové výrobě elektřiny [54]

Dalo by se říci, že výroba elektřiny prostřednictvím vodních elektráren je v Evropě téměř ve všech případech spjata s horskými oblastmi. Výraznou většinou jsou v energetickém mixu zastoupeny vodní elektrárny zejména v Norsku, na Islandu, v Chorvatsku a v Černé Hoře, významně se podílejí v Rakousku, Švýcarsku, Švédsku, ale také například v Lotyšsku, které je zde však spíše výjimkou. Jeho vysoký podíl výroby

prostřednictvím vodních elektráren není způsoben horským prostředím, ale spíše malým zastoupením ostatních zdrojů, potažmo také malou spotřebou. Tu má Lotyšsko téměř nejnižší v celé Evropě [26].

### 4.3.3 Energie Slunce

Je bezesporu jasné, že energie, která k nám dopadá ze Slunce, má ohromný potenciál a vzhledem k její dostupnosti a množství by bylo více jak neuvěřitelné tuto energii nijak nevyužívat. Sluneční energie je zadarmo a dostupná všude na zemi, avšak zásadním aspektem slunečního záření dopadajícího na naši planetu je to, že ne na každé místo dopadá ve stejné intenzitě a se stejným podílem. Jsou místa, která mají pro využívání elektrických zdrojů energie, založených na principu přeměny slunečního záření na elektřinu, velký potenciál. V Evropě jsou tyto lokality nejlépe patrné z Obr. č. 23.



Obr. č. 23: Roční souhrn slunečního záření v Evropě (kWh/m<sup>2</sup>) [42]

Zde můžeme vidět, že středomořské státy jako Španělsko, Itálie a Řecko mají pro využívání slunečního záření téměř dvojnásobný potenciál v porovnání se zeměmi kolem 50. rovnoběžky a výše.

Sluneční záření je v dnešní době pro získání elektrické energie využíváno dvěma způsoby. Přímo přeměnou slunečního svitu prostřednictvím fotovoltaických elektráren a nepřímou cestou prostřednictvím slunečních tepelných elektráren. V posledních letech se v Evropě ve spojitosti s využitím energie Slunce na výrobu elektrické energie hovoří zejména o fotovoltaických panelech. Za posledních několik let se díky implementaci klimato-energetického balíčku, a zejména závazku 20% podílu OZE v energetickém mixu, staly fotovoltaické elektrárny fenoménem, který si díky obrovské dotační podpoře vydobyl významné místo v energetickém sektoru mnoha zemí.

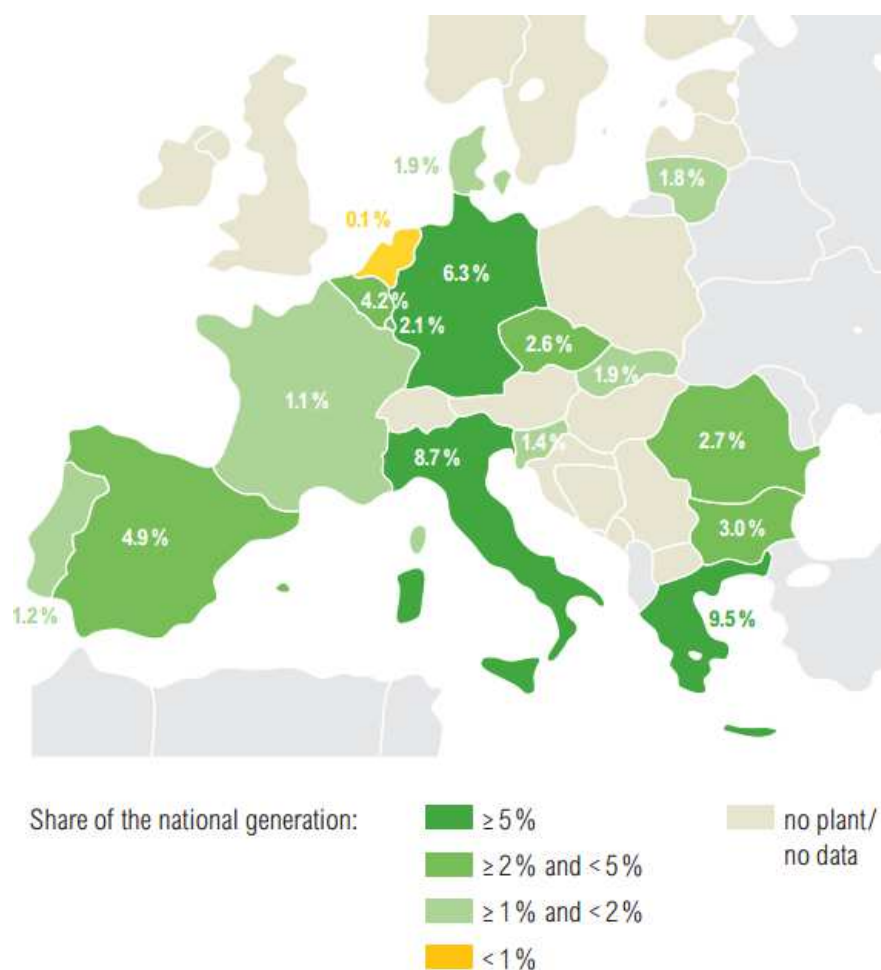
Fotovoltaické panely mají mnoho výhod. Mezi nejčastěji zmiňované patří jejich bezemisní provoz, bezhlučnost, jednoduchá instalace, spolehlivost a bezobslužnost. Avšak v oblasti velkých výkonů mají spoustu zásadních nevýhod. Fotovoltaické elektrárny jsou silně závislé na intenzitě slunečního záření, což je spjato se sníženou produkcí výkonu v závislosti na ročním období, počasí a teplotě. V podmínkách zemí jako je např. Německo mají FVE přibližně pouze 13% koeficient ročního využití [30]. Současné ekonomicky dostupné fotovoltaické články mají dále nízkou účinnost a poměrně malou životnost vzhledem k pořizovací ceně. Navíc vzhledem k jejich přerušovanému provozu se neobejdou bez záložních zdrojů elektrické energie. V kontextu evropské energetiky by se také nemělo zapomínat na fakt, že pořizovací investice směřují z Evropy směrem k čínským dodavatelům. Vzhledem k popsaným faktům jsou dle mého názoru investice do rozsáhlého rozvoje velkých fotovoltaických elektráren v zemích s nepříliš vhodnými podmínkami (viz Obr. č. 20) jen plýtváním prostředků na úkor lepších možností daných lokalit. Jejich potenciál bych viděl spíše v instalacích menších výkonů např. na střechy domů, kde by ve spolupráci s bateriemi mohly představovat dobrý doplněk pro napájení domu z elektrické sítě. Dále je pak jejich instalace logická v místech, kde není možné napojení na elektrickou síť.

Na rozdíl od FVE je dle mého názoru druhý popsaný přístup pro využití slunečního záření v oblasti velkých zdrojů elektřiny, tedy aplikace slunečních tepelných elektráren, mnohem rozumnější alternativa. Zásadním omezujícím faktorem je zde však to, že tyto

sluneční elektrárny je možné instalovat jen v oblastech s velice dobrými slunečními podmínkami. Ve vhodných lokalitách je pak možné provozovat sluneční tepelné elektrárny se zásobníky s tekutými solemi (do kterých je možné část tepla naakumulovat) téměř kontinuálně. V příhodných podmínkách pak mohou být tyto sluneční elektrárny téměř stabilními zdroji, o čemž svědčí jejich roční využití výkonu, přesahující 40 %. Pro jejich provoz je však (stejně jako u jiných tepelných elektráren) potřeba vodního zdroje pro chlazení. Vhodnými lokalitami na jejich výstavbu by tedy mohly být například přímořské oblasti.[30]

#### 4.3.3.1 Solární elektrárny v Evropě

Pro představu o zastoupení elektrické energie ze Slunce v energetických mixech jednotlivých zemí přikládám následující obrázek.



Obr. č. 24: Podíl solárních elektráren na celkové výrobě elektřiny [54]

Největším podílem je solární energie zastoupena v energetickém mixu Řecka, Itálie, Španělska, Německa a Belgie. U prvních tří je to pochopitelné, zbylé dva státy, tedy Německo a Belgie mají v oblasti OZE dle mého názoru potenciál spíše ve větrných elektrárnách.

Německo, Itálie a Španělsko vyprodukovali v roce 2014 více jak 71 TWh elektrické energie prostřednictvím solárních elektráren, což bylo 78 % z celkově vyprodukované elektřiny solárními zdroji v ENTSO-E.[54]

## 5 Budoucnost evropské energetiky po roce 2020

Cíle evropské energetiky nastavené do roku 2020, které ovlivňují celý energetický sektor, se s dovršením tohoto období určitě nepřestanou vyvíjet. Z hlediska nastavených parametrů pro jednotlivé členské státy EU se tak rok 2020, jeví spíše než finální rovinkou, pouze jako kontrolní období pro posouzení ještě dlouhodobějších cílů. Tím můžeme rozumět dosažení konkurenceschopnější, bezpečné a udržitelné evropské energetiky a také dosažení dekarbonizované evropské energetiky do roku 2050 (snížení emisí CO<sub>2</sub> o 80 až 95 %). To je z hlediska životního prostředí velice důležité vzhledem k tomu, že emise spojené s výrobou elektrické energie představují téměř 80 % celkových emisí skleníkových plynů v EU.

Na cíle popsané v kapitole 1.2.3 by měly po roce 2020 plynule navázat následující cíle nastavené pro kontrolní období roku 2030:

- 40% snížení emisí skleníkových plynů ve srovnání s rokem 1990.
- Minimálně 27% podíl na celkové výrobě z obnovitelných zdrojů.
- Nejméně 27% zvýšení energetické účinnosti oproti roku 1990.

Pro jejich splnění bylo Evropskou komisí navrženo:

- Reformovat systém obchodování s emisemi v EU.
- Zavést nové prostředky pro konkurenceschopnost a bezpečnost energetického systému, jako jsou rozdíly cen mezi hlavními obchodními partnery, rozšíření dodávek a kapacity mezi propojenými zeměmi EU.

- Provádět lepší způsob tvorby národních energetických plánů, které budou následovat společný postoj EU. To by mělo zajistit větší jistotu investorů, větší transparentnost, zvýšenou soudržnost a lepší koordinaci v rámci celé EU.[58]

Pro dosažení zatím finálních cílů do roku 2050 musí být provedeny vysoké investice do nízkouhlíkových technologií, obnovitelných zdrojů, zvýšení energetické účinnosti a přenosové infrastruktury. Vzhledem k tomu, že tyto investice jsou prováděny na dobu mezi 20 až 60 lety, je potřeba zahájit co nejdříve politiku, která podporuje stabilní podnikatelské prostředí pro podporu investic do nízkouhlíkových technologií. Energetický plán evropské komise stanovil čtyři hlavní cesty k dosažení trvale udržitelné, konkurenceschopné a bezpečné evropské energetiky v roce 2050: energetická účinnost, obnovitelná energie, jaderná energie a zachycování a skladování oxidu uhličitého (CCS). Bylo vytvořeno několik scénářů, ve kterých jsou uvedené prostředky zastoupeny v různé míře. Na základě vyhodnocení stavu energetiky podle jednotlivých scénářů byly vyvozeny tyto závěry:

- Dekarbonizace energetického systému je technicky a ekonomicky proveditelná a v dlouhodobém horizontu také výhodná, a to nejen z ekologického, ale také z ekonomického hlediska.
- Rozvoj obnovitelných zdrojů energie a zvyšování energetické účinnosti jsou klíčové bez ohledu na konkrétní scénář.
- Je potřeba co nejrychlejších investic do zastaralé energetické infrastruktury, z důvodu výhodnosti v širším časovém horizontu. Velká část infrastruktury v EU byla postavena před více jak 30 lety a je třeba ji zmodernizovat. Okamžitá výměna za nízkouhlíkové alternativy může zabránit mnohem nákladnějším investicím v budoucnosti. Podle agentury IEA by investice do těchto technologií mohly po roce 2020 vystoupat až na 4,3 násobek stejných investic provedených do roku 2020 (z důvodu nutnosti zachycení ještě většího množství CO<sub>2</sub>).
- Společný evropský přístup by měl vést k nižším nákladům a bezpečnějším dodávkám elektrické energie ve srovnání s individuálními národními plány. A to hlavně v důsledku toho, že v případě společného energetického trhu může být energie produkována tam, kde je nejlevnější a následně dodána do místa spotřeby.[59]



Bohužel předpovídat budoucnost není možné, což ještě zesiluje fakt, že se jedná o tak dlouhý časový horizont. Ve vypracovaných dlouhodobých scénářích existuje spousta nejistot zejména proto, že vycházejí z předpokladů, které mají také určitou nejistotu. Je v podstatě nemožné předvídat, jaký vliv na energetiku budou mít do budoucna různé jmenovatele, jako jsou: břidlicový plyn, kdy a jestli vůbec dojde ke komerčnímu zachycování a ukládání CO<sub>2</sub>, kdy dojdou ropná ložiska, jakou roli bude mít jaderná energetika a v neposlední řadě také jak se bude vyvíjet boj proti změnám klimatu v globálním měřítku. Všechny tyto nejistoty způsobují nemožnost stanovit Evropské unii jasné cíle, které jsou ovšem potřebné pro nastartování potřebných investic do energetické infrastruktury. Jedná se o začarovaný kruh, ze kterého by mohla být nalezena cesta ven za pomoci jednotného evropského přístupu. To by nastavilo potřebnou jistotu a stabilitu.[60]

Jak jsem již psal výše, energetika v Evropě by se měla do budoucna vyvíjet na základě několika scénářů, které se dají rozdělit na dvě skupiny: scénáře současného trendu a scénáře dekarbonizace. Scénáře dekarbonizace, se kterými počítá i Evropská komise, se dále dělí takto:

### **Vysoká energetická účinnost**

Zahrnuje přísnější požadavky na spotřebiče a nové budovy. Vysoké investice do renovace budov a úspor energetických zařízení. To by mělo vést k poklesu poptávky po energii o 41 % do roku 2050 v porovnání s rokem 2005 – 2006.

### **Výroba elektřiny z diverzifikovaných zdrojů**

Dekarbonizace je určována cenou uhlíku. Všechny zdroje energie soutěží na trhu. Počítá se s jadernou energetikou i zachycováním CO<sub>2</sub>.

### **Vysoký podíl OZE**

Silná podpora těchto zdrojů elektrické energie, která povede k jejich vysokému zastoupení v energetickém mixu, a to až k 75 % podílu na výrobě.

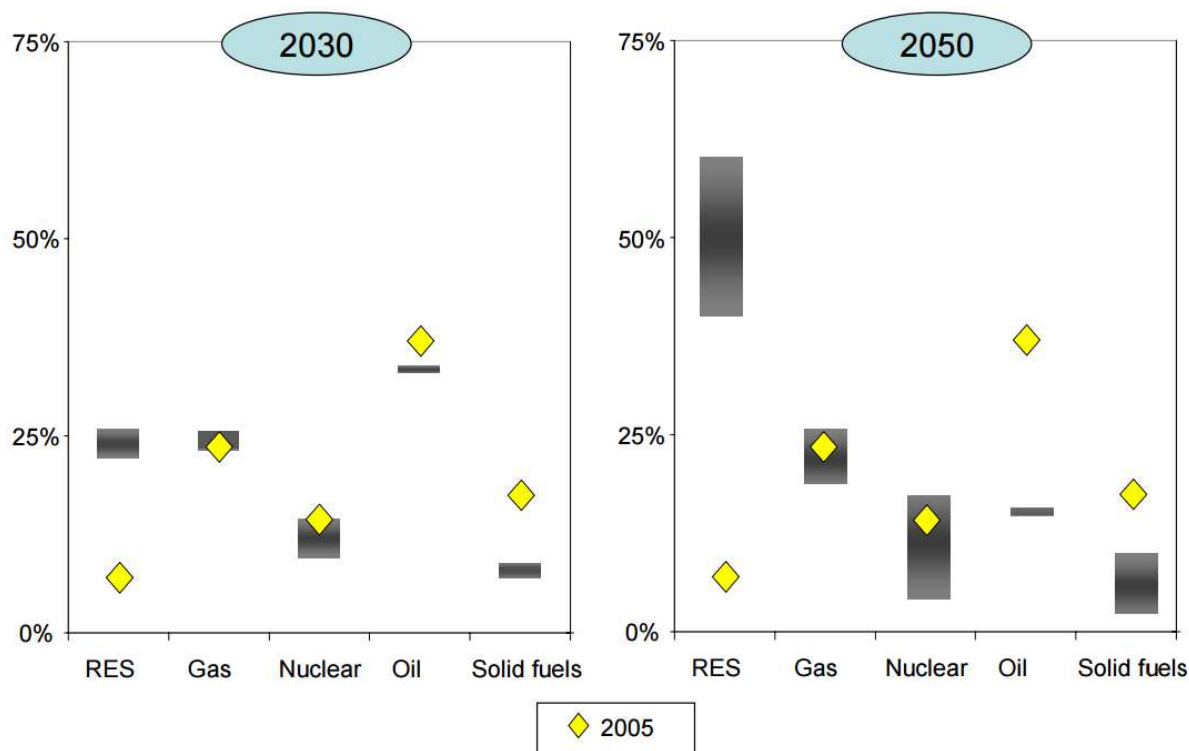
## Opožděné zachycování a ukládání CO<sub>2</sub>

Podobný scénář jako v případě s diverzifikovanými zdroji (pouze počítá, vzhledem k opožděnému zavedení CCS) s vyšším zastoupením jaderných zdrojů.

## Nízký podíl JE

Tento scénář naopak počítá s tím, že již nebudou budovány jaderné reaktory, což povede k vyšší míře využití CCS.

Na základě výše popsaných scénářů byl vytvořen následující graf, na kterém můžeme vidět odhad podílu paliv na primární spotřebě energie v roce 2030 a 2050 v porovnání s rokem 2005.



**Obr. č. 25: Vývoj podílu paliv na primární spotřebě energie v roce 2030 a v roce 2050**

[60]

Zde můžeme vidět, že se do budoucna počítá s vysokým nárůstem obnovitelných zdrojů energie, a naopak s poklesem využití energie tuhých a kapalných paliv. Stagnace či

nízký propad je očekáván u využití energie plynu<sup>6</sup>. Největší nejistotu pak můžeme vidět v jaderné energetice, kde je počítáno buď s jejím lehkým nárůstem, stagnací anebo také téměř úplným omezením. To vše bude záviset na vývoji energetické politiky EU.

Pro transformaci energetiky směrem k dekarbonizaci a vytyčeným cílům EU bylo popsáno deset strukturálních změn:

1. Dekarbonizace spojená se snížením nákladů na energie. Zejména s ohledem na snížení závislosti na dovozu fosilních paliv po roce 2050 (rok 2005 – 58% závislost a rok 2050 – 35 - 45 % závislost).
2. Vyšší investiční náklady na úkor nákladů na pohonné hmoty. Jen do energetických sítí by mělo být do roku 2050 investováno 1,5 až 2,2 bilionů EUR v závislosti na rozvoji OZE.
3. Zvýšení podílu elektřiny na konečné spotřebě všech energií, a to až na 39 %, což je dvojnásobek oproti roku 2005.
4. Růst cen elektřiny do roku 2030, pak by měl následovat jejich pokles – zejména u scénářů s vysokou energetickou účinností.
5. Zvýšení výdajů domácností - nákup dražších a účinnějších spotřebičů apod.
6. Úspory energií v celém energetickém odvětví. Zde je vyžadováno oddělení spotřeby energie od hospodářského růstu.
7. Výrazný nárůst OZE. Mělo by být dosaženo minimálně 55% podílu na výrobě do roku 2050.
8. Zachycování a ukládání uhlíku. Prostředkem by mělo být komerční využití tohoto dekarbonizačního prostředku.
9. Jaderná energetika zůstane zdrojem energie pro některé státy. Vzhledem k výrobě nízkouhlíkové elektřiny a přispění ke scénářům s nejnižšími celkovými náklady na energii.
10. Zvýšení spolupráce mezi decentralizovanou a centralizovanou výrobou. Zvláště z důvodu předpokládaného rozvoje decentralizovaných OZE.

---

<sup>6</sup> Hlavně kvůli poklesu poptávky po plynu v sektoru bydlení z důvodu zvýšení energetické účinnosti budov. V energetickém odvětví je počítáno naopak s nárůstem elektráren na plyn.

V evoluci energetiky je ovšem potřeba postupovat velice obezřetně, a to zejména z důvodu, aby v Evropě nebylo zavedeno nekonkurenceschopné prostředí pro průmysl. Již nyní se odhaduje, že ceny elektrické energie jsou v Evropě vyšší o 21 % oproti USA a dokonce o 197 % oproti Číně. Navíc k nekonkurenceschopnosti průmyslu v Evropě by mohl přispět také špatně nastavený systém obchodování s emisními povolenkami.

Veškerá pospaná opatření pro transformaci evropské energetiky budou vyžadovat velké množství financí, pevnou politiku, zainteresování veřejnosti a v neposlední řadě také integrovanější trh s elektřinou.[60]

## 5.1 Vývoj zdrojové základny

Je zřejmé, že dekarbonizace energetiky postihne zejména zdrojovou základnu jednotlivých zemí Evropy. To, jakou důležitost přikládá EU jednotlivým energetickým zdrojům, je popsáno v následujících řádcích.

### Obnovitelné zdroje elektřiny

Vzhledem k tomu, že OZE by měly mít do roku 2050 největší podíl na výrobě elektřiny, můžeme předpokládat jejich obrovský rozmach. Bude nutné v tomto ohledu zdokonalovat technologie a vyměňovat starší zdroje za nové a účinnější.

Předpokládá se, že energie z větrných elektráren umístěných na severu kontinentu a v oblastech Atlantského oceánu bude schopna zajistit dodávky značného množství elektřiny za současného snižování nákladů. Větrné elektrárny by měly být ze všech obnovitelných zdrojů nejvíce rozšířené. S využíváním energie Slunce se počítá zejména v oblastech Středozemního moře.

Počítá se také s investicemi do nových technologií pro využívání mořské energie, koncentrované solární energie a rozvoj biopaliv 2. a 3. generace.

Pro masový rozmach intermitentních zdrojů, tedy větrných elektráren a fotovoltaických panelů, by bylo výhodné využít skladování energie. Avšak v současnosti je

spíše než investice do akumulace energie výhodnější investovat do záložního zdroje, jako je například elektrárna na plyn. Mimo výstavbu přečerpávacích vodních elektráren zatím není předpoklad jiného systému akumulace elektrické energie ani do budoucna. Počítá se zatím tedy se současným trendem instalace záložních zdrojů a v úvahu by také přicházelo vzájemné doplňování výkyvů výroby OZE z OZE umístěných jinde v Evropě. To by ovšem vyžadovalo dostatečnou kapacitu vzájemného propojení a případně také aplikaci inteligentních sítí.

Pro dekarbonizaci mají do budoucna také obrovský význam obnovitelné zdroje pro vytápění a chlazení. Tím rozumíme zejména tepelná čerpadla, tepelné akumulátory, solární a geotermální vytápění a dále také systémy ústředního vytápění. Ty by měly být založené na teplárnách s kotli s vysokou účinností spalujících například bioplyn či biomasu.

### **Elektrárny na plyn**

Při transformaci evropské energetiky by měl dle odhadů hrát plyn klíčovou roli. A to zejména s ohledem na nahrazování uhlí, což by mělo vést ke snižování emisí CO<sub>2</sub>. Je nutné tedy počítat s tím, že plyn by měl být stabilní komoditou a soustředit se na zabezpečení jeho dodávky. V tomto ohledu je potřeba počítat také se zvýšením kapacit pro skladování plynu.

Aby však plyn nesloužil jen jako záložní zdroj pro vyrovnání nedodávek OZE, bude nutné zajistit používání technologií CCS v širokém měřítku, což záleží na tom, jak budou přijaty veřejností a jaké budou ceny emisních povolenek.

### **Uhelné zdroje**

S přispěním aplikace CCS a nových účinnějších a čistších technologií by mohlo mít uhlí i v budoucnu velký význam pro zajištění bezpečné a udržitelné dodávky elektřiny a tepla.

## **Jaderná energie**

Vzhledem k plánům na bezuhlíkovou budoucnost energetiky je zřejmý potenciál jaderných elektráren, které jsou nyní nejsilnější nízkouhlíkové zdroje elektřiny. Při jejich uplatnění v budoucnosti budou mít největší význam zejména politické otázky spojené s potenciální hrozbou JE. Náklady na vyřazení dosluhujících elektráren a náklady spojené s jejich bezpečností a likvidací odpadu tak budou pravděpodobně narůstat, s tím by mohly pomoci nové technologie.

Z výzkumů zaměřujících se na jednotlivé scénáře vychází jaderná energie jako silný jmenovatel pro snížení systémových nákladů a cen elektřiny. Avšak pro její budoucí aplikace bude potřeba, aby si Evropa udržela své schopnosti a potřebné technologie spojené s jejich provozem.

Vedle toho se vydávají významné investice do výzkumu jaderné syntézy, u které by mohlo být v roce 2050 zřejmé, jestli bude schopná být v energetice budoucnosti alternativou současným jaderným elektrárnám.[60]

## Závěr:

V současné době dochází doslova k revoluci evropské energetiky. To se projevuje obměnou zdrojů energie, nárůstem mezinárodních transferů elektřiny a s tím také spojeným zvyšováním kapacit mezinárodního propojení přenosových soustav. Impulzem k této energetické revoluci jsou zejména postoje Evropské unie, která svojí legislativní tvorbou zavazuje jednotlivé členské, kandidátní a potažmo i nečlenské země, aby kráčely stanoveným směrem. Tedy vstříc dekarbonizované, konkurenceschopné, bezpečné a udržitelné energetické budoucnosti.

Osobně si myslím, že by se na energetiku jako takovou mělo v Evropě nahlížet z pohledu větší spolupráce mezi jednotlivými zeměmi a to nejen z pohledu obchodu, ale také co nejvíce z technického hlediska. Mělo by se více využívat potenciálu jednotlivých zemí z hlediska jejich geografické polohy, zdrojů a celkově toho, co mohou pro dosažení určených cílů nabídnout. Měl by být kladen větší důraz na logická řešení spíše než na aktuální trendy, které jsou dle mého mínění někdy jen plýtváním financí a energie na úkor lepších řešení.

Mělo by se tedy, spíše než vytvářet unáhlená řešení dle aktuálních trendů, více komplexně přemýšlet o nejvíce efektivních řešeních pro budoucnost. Jedině takovým způsobem bude, podle mého názoru, možné vytvořit do budoucnosti funkční energetický koncept, který je dnes prezentován.

Energetická infrastruktura je pro dnešní a budoucí civilizaci natolik nepostradatelná, že nelze brát její vývoj na lehkou váhu. Je třeba vytvořit natolik silné a stabilní propojení evropských energetických systémů a zároveň takové právní podloží pro spolupráci jednotlivých PPS, aby byla jasně nastavená pravidla, která budou odolná politickým změnám situace.

Je zřejmé, že nás v příštích letech čeká velká proměna energetiky, která bude vyžadovat velké množství financí, politickou podporu, mezinárodní spolupráci a aby byla efektivní, tak zejména také odborný a racionální přístup, který by měla zajistit technicky orientovaná veřejnost.

## Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] KUBÍN, Miroslav. *Přenosy elektrické energie ČR v kontextu evropského vývoje*. Praha: ČEPS, 2004, 567 s.
- [2] ČERNOCH, Filip a Veronika ZAPLETALOVÁ. *Energetická politika Evropské unie*. Masarykova univerzita, 2014. ISBN 978-80-210-6676-2.
- [3] Německá vláda rozhodla. Jaderné elektrárny uzavře do roku 2022. *IHNED.cz: Zpravodajský server Hospodářských novin* [online]. 30. 5. 2011 [cit. 2014-04-03]. Dostupné z: <http://byznys.ihned.cz/c1-51975330-nemecka-vlada-rozhodla-jaderneelektrarny-uzavre-do-roku-2022>
- [4] *The 50 Year Success Story - Evolution of a European Interconnected Grid* [online]. Brussels [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: [https://www.entsoe.eu/fileadmin/user\\_upload/\\_library/publications/ce/110422\\_UCPTE-UCTE\\_The50yearSuccessStory.pdf](https://www.entsoe.eu/fileadmin/user_upload/_library/publications/ce/110422_UCPTE-UCTE_The50yearSuccessStory.pdf)
- [5] MAJLING, Eduard. Evropská síť provozovatelů přenosových soustav elektřiny (ENTSO-E). *OENERGETICE.cz* [online]. 2015 [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/elektrina/evropska-sit-provozovatelu-prenosovych-soustav-elektriny-entso-e/>
- [6] KUBÍN, Miroslav. *Proměny české energetiky: historie, osobnosti, vědecko-technický rozvoj*. Praha: Český svaz zaměstnavatelů v energetice, c2009, 615 s. ISBN 978-80-254-4524-2.
- [7] MÁSLA, Karel. Příčiny a následky velkých výpadků v dodávkách elektřiny. *ELEKTRO: Časopis pro elektrotechniku* [online]. 2006, 7(5) [cit. 2016-10-23]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/priciny-a-nasledky-velkych-vypadku-v-dodavkach-elektriny--13130>
- [8] ŠROM, Jakub. *Řízení frekvence a výkonové bilance v elektrizační soustavě*. : 46. Dostupné také z: <http://www.cez.cz/edee/content/file/vzdelavani/12-srom.pdf>
- [9] PETRUŽELA, Ivan. *Propojené elektrizační soustavy*. 2006. Dostupné také z: [http://home.pilsfree.net/fantom/FEL/MR/FEL\\_CVUT/lekce07\\_06.pdf](http://home.pilsfree.net/fantom/FEL/MR/FEL_CVUT/lekce07_06.pdf)
- [10] ČEZ: Otázky a odpovědi. *CEZ.CZ* [online]. [cit. 2015-10-23]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/o-spolecnosti/public-affairs/otazky-a-odpovedi.html>
- [11] HRABA, Tomáš. *Vliv zahraničních větrných elektráren na přenosovou soustavu České republiky*. Plzeň, 2014. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni. Vedoucí práce Doc. Ing. Jiřina Mertlová, CSc.
- [12] HROZEK, Dian. SuedLink – vedení pro větrnou energii a páteř Energiewende. *OENERGETICE.CZ* [online]. 2015 [cit. 2015-11-21]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/nemecko/suedlink/>



- [13] MAJLING, Eduard. HVDC – stejnosměrný přenos elektrické energie. *OENERGETICE.CZ* [online]. 2015 [cit. 2015-11-21]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/technologie/elektroenergetika/hvdc-stejnosmerny-prenos-elektricke-energie/>
- [14] *Long-distance power transmission* [online]. SIEMENS [cit. 2015-11-21]. Dostupné z: <http://www.energy.siemens.com/us/en/power-transmission/hvdc/applications-benefits/configurations/long-distance-power-transmission.htm>
- [15] TŮMA, Jan. Podmořské kabely ve službách evropské energetiky. *3pól: Magazín plný pozitivní energie* [online]. 2011 [cit. 2015-11-21]. Dostupné z: <http://3pol.cz/1142-podmorske-kabely-ve-sluzbach-evropske-energetiky>
- [16] Climate Action: 2020 climate & energy package. *European comission* [online]. [cit. 2016-10-23]. Dostupné z: [http://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020/index_en.htm)
- [17] Přeshraniční toky. *ČEPS, a.s.* [online]. 3.12.2011 [cit. 2014-03-10]. Dostupné z: <https://www.ceps.cz/CZE/Data/Vsechna-data/Stranky/Preshranicni-toky.aspx>
- [18] DVORSKÝ, Emil. *Přednáška: Regulace frekvence v propojených soustavách*. 2015. ZČU Plzeň.
- [19] ŠOLC, Pavel. *Poruchy v provozu přenosových soustav v roce 2006* [online]. 4 s. [cit. 2016-02-03]. Dostupné z: <http://www.pro-energy.cz/clanky1/1.pdf>
- [20] HROZEK, Dian. Turecký blackout pod drobnohledem. *Oenergetice.cz* [online]. 2015 [cit. 2016-02-03]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/zahranicni/turecky-blackout-pod-drobnohledem/>
- [21] NEJEDLÝ, Petr. Zprovozněn největší mořský větrný park. *Idnes.cz* [online]. 2013 [cit. 2016-02-04]. Dostupné z: <http://nejedly.blog.idnes.cz/c/358985/Zprovoznen-nejvetsi-morsky-vetrny-park.html>
- [22] *Offshore wind industry* [online]. 2014 [cit. 2016-02-04]. Dostupné z: <http://www.offshorewindindustry.com/news/troubleshooting-continues>
- [23] *ENTSO-E: Electronic grid maps* [online]. [cit. 2016-02-04]. Dostupné z: <https://www.entsoe.eu/publications/order-maps-and-publications/electronic-grid-maps/Pages/default.aspx>
- [24] *ENTSO-E: Who Is ENTSO-E?* [online]. [cit. 2016-02-08]. Dostupné z: <https://www.entsoe.eu/about-entso-e/Pages/default.aspx>
- [25] *Agentura pro spolupráci energetických regulačních úřadů: ACER* [online]. , 2 [cit. 2016-02-08]. Dostupné z: [http://www.acer.europa.eu/Media/Leaflets/ACER\\_A5\\_CS.pdf](http://www.acer.europa.eu/Media/Leaflets/ACER_A5_CS.pdf)
- [26] *ENTSOE: Yearly Statistics & Adequacy Retrospect* [online]. 2016 [cit. 2016-02-09]. Dostupné z: <https://www.entsoe.eu/publications/statistics/yearly-statistics-and-adequacy-retrospect/Pages/default.aspx>

- [27] STREJČEK, Petr. Česká a evropská energetika v roce 2014: Komentář k současnému vývoji v energetice. *Tzb-info* [online]. 2014 [cit. 2016-02-22]. Dostupné z: <http://energetika.tzb-info.cz/11019-ceska-a-evropska-energetika-v-roce-2014>
- [28] Kjótský protokol k Rámcové úmluvě OSN o změně klimatu. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. [cit. 2016-02-22]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/cz/kjotsky\\_protokol](http://www.mzp.cz/cz/kjotsky_protokol)
- [29] BAROSSA, J.M. *Energetické priority pro Evropu* [online]. 2011, s. 18 [cit. 2016-02-22]. Dostupné z: [http://ec.europa.eu/europe2020/pdf/energy\\_cs.pdf](http://ec.europa.eu/europe2020/pdf/energy_cs.pdf)
- [30] DRÁBOVÁ, Dana a Václav PAČES. *Perspektivy české energetiky: současnost a budoucnost*. Vyd. 1. Praha: Novela bohemica, 2014. ISBN 978-80-87683-26-2.
- [31] Jaderná energetika: Mýty a realita. *ČEZ* [online]. [cit. 2016-02-24]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/jaderna-energetika/realita-a-myty-o-jaderne-energii.html>
- [32] KERLES, Marek. Nespuštěná rakouská jaderná elektrárna nakonec vyrábí ze Slunce. *LIDOVKY.CZ* [online]. [cit. 2016-02-24]. Dostupné z: [http://byznys.lidovky.cz/nespustena-rakouska-jaderna-elektrarna-nakonec-vyrabi-ze-slunce-pxy-/firmy-trhy.aspx?c=A090703\\_111926\\_firmy-trhy\\_nev](http://byznys.lidovky.cz/nespustena-rakouska-jaderna-elektrarna-nakonec-vyrabi-ze-slunce-pxy-/firmy-trhy.aspx?c=A090703_111926_firmy-trhy_nev)
- [33] Co je zemní plyn: zásoby zemního plynu. *Zemní plyn* [online]. [cit. 2016-02-24]. Dostupné z: <http://www.zemniplyn.cz/plyn/>
- [34] VOBOŘIL, David. Paroplynová elektrárna - princip funkce. *OENERGETICE.CZ* [online]. 2015 [cit. 2016-02-24]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/typy-elektren/paroplynova-elektrarna-princip-funkce/>
- [35] MAREŠ, Jan, Martin LIBRA a Vladislav POULEK. Akumulace elektrické energie. *ELEKTRO: odborný časopis pro elektrotechniku* [online]. Praha, 2011, **12**(2), 5 [cit. 2016-02-28]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/42869.pdf>
- [36] *Směrnice Evropského parlamentu a rady 2012/27/EU: o energetické účinnosti, o změně směrnic 2009/125/ES a 2010/30/EU a o zrušení směrnic 2004/8/ES a 2006/32/ES* [online]. Úřední věstník Evropské unie, 2012 [cit. 2016-03-08]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:315:0001:0056:CS:PDF>
- [37] BLAŽÍČEK, Jan. Přijetím závazku zvýšit energetickou účinnost o 20 % si EU, zdá se, ukrojila příliš velký krajíc.... *Tzb-info* [online]. **2015** [cit. 2016-03-08]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/kotlikove-dotace/13390-prijetim-zavazku-zvysit-energetickou-ucinnost-o-20-si-eu-zda-se-ukrojila-prilis-velky-krajic>
- [38] Wind in power: 2015 European statistics. *EWEA: THE EUROPEAN WIND ENERGY ASSOCIATION* [online]. 2016, s. 14 [cit. 2016-03-12]. Dostupné z: <http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/statistics/EWEA-Annual-Statistics-2015.pdf>

- [39] EEA. *Europe's onshore and offshore wind energy potential. An assessment of environmental and economic constraints* [online]. Copenhagen: European Environment Agency, 2009 [cit. 2016-03-12]. ISBN 978-92-9213-000-8. ISSN 1725-2237. DOI 10.2800/11373. Dostupné z: <https://www.energy.eu/publications/a07.pdf>
- [40] Renaissance for Pumped Storage in Europe. *HYDROWORLD.COM* [online]. 2011 [cit. 2016-03-15]. Dostupné z: <http://www.hydroworld.com/articles/print/volume-19/issue-3/articles/new-development/renaissance-for-pumped-storage-in-europe.html>
- [41] *Assessment of the European potential for pumped hydropower energy storage a GIS-based assessment of pumped hydropower storage potential* [online]. Luxembourg: Publications Office, 2013 [cit. 2016-03-15]. ISBN 978-927-9295-119. ISSN 1831-9424. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/jrc/sites/default/files/jrc\\_20130503\\_assessment\\_european\\_phs\\_potential.pdf](https://ec.europa.eu/jrc/sites/default/files/jrc_20130503_assessment_european_phs_potential.pdf)
- [42] *JRC: Photovoltaic Geographical Informational System - Interactive Maps* [online]. [cit. 2016-03-15]. Dostupné z: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=en&map=europe>
- [43] MÁŠLO, Karel. Bezpečnost provozu PS v evropském propojení: Současnost a budoucí výzvy. *EGÚ*. EGÚ Praha Engineering, a.s., **2011**(2), 10.
- [44] *TYNDP 2016: Scenario Development Report* [online]. Brussels (Belgium), 2015, **2016** [cit. 2016-04-04]. Dostupné z: [https://www.entsoe.eu/Documents/TYNDP%20documents/TYNDP%202016/150521\\_TYNDP2016\\_Scenario\\_Development\\_Report\\_for\\_consultationv2.pdf](https://www.entsoe.eu/Documents/TYNDP%20documents/TYNDP%202016/150521_TYNDP2016_Scenario_Development_Report_for_consultationv2.pdf)
- [45] CIESLAR, Stanislav. Plánujeme rozsáhlý program obnovy a modernizace vedení 400 kV: rozhovor s generálním ředitelem ČEPS, a.s. *All for power* [online]. 2009 [cit. 2016-04-06]. Dostupné z: <http://www.allforpower.cz/clanek/planujeme-rozsahly-program-obnovy-a-modernizace-vedeni-400-kv/>
- [46] KOVAŘÍK, Milan. *Strategický investiční plán ČEPS*. Praha, 2015.
- [47] HROZEK, Dian. Evropský boj s emisemi, aneb co je EU ETS a kam směřuje? (1. díl). *OENERGETICE.CZ* [online]. 2015 [cit. 2016-04-06]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/evropska-unie/eu-ets-evropsky-system-obchodovani-s-emisemi/>
- [48] HROZEK, Dian. Evropský boj s emisemi, aneb co je EU ETS a kam směřuje? (2. díl). *OENERGETICE.CZ* [online]. 2015 [cit. 2016-04-06]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/energeticka-legislativa-eu/evropsky-boj-s-emisemi-aneb-co-je-eu-ets-kam-smeruje-2-dil/>
- [49] *Zajištění vhodnosti evropské elektrorozvodné sítě pro rok 2020: Usnesení Evropského parlamentu ze dne 15. prosince 2015 o splnění cíle 10% propojení elektrických sítí* [online]. ŠTRASBURK, 2015, s. 9 [cit. 2016-04-08]. Dostupné z: <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=->

//EP//NONSGML+TA+P8-TA-2015-0445+0+DOC+PDF+V0//CS

- [50] HROZEK, Dian. SuedLink – vedení pro větrnou energii a páteř Energiewende. *OENERGETICE.CZ* [online]. 2015 [cit. 2016-04-08]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/nemecko/suedlink/>
- [51] MapBox: *SPIEGEL* [online]. [cit. 2016-04-08]. Dostupné z: [http://www.spiegel.de/static/happ/\\_pattern/map/gmap/v1/pub/#xml=61907](http://www.spiegel.de/static/happ/_pattern/map/gmap/v1/pub/#xml=61907)
- [52] *Offshore: WIND INDUSTRY* [online]. [cit. 2016-04-08]. Dostupné z: [http://www.offshorewindindustry.com/sites/default/files/field/image/borwin\\_alpha\\_abb.jpg](http://www.offshorewindindustry.com/sites/default/files/field/image/borwin_alpha_abb.jpg)
- [53] Westinghouse prohrál v Litvě: nová jaderná elektrárna bude a postaví ji Hitachi-GE. *ATOM INFO* [online]. 2011 [cit. 2016-04-08]. Dostupné z: <http://atominfo.cz/2011/07/nova-jaderna-elektrarna-v-litve-bude-a-postavi-ji-japonska-hitachi/>
- [54] *ELECTRICITY IN EUROPE 2014: Synthetic overview of electric system consumption, generation and exchanges in the ENTSO-E area* [online]. Brussels, 2015 [cit. 2016-04-11]. Dostupné z: [https://www.entsoe.eu/Documents/Publications/Statistics/electricity\\_in\\_europe/entsoe\\_electricity\\_in\\_europe\\_2014.pdf](https://www.entsoe.eu/Documents/Publications/Statistics/electricity_in_europe/entsoe_electricity_in_europe_2014.pdf)
- [55] Public Data. *Google* [online]. [cit. 2016-04-12]. Dostupné z: [https://www.google.cz/publicdata/explore?ds=d5bncppjof8f9\\_&hl=cs&dl=cs](https://www.google.cz/publicdata/explore?ds=d5bncppjof8f9_&hl=cs&dl=cs)
- [56] WANO MEMBER WORLD MAP: 2015 EDITION. *WANO: global leadership in nuclear safety* [online]. [cit. 2016-04-12]. Dostupné z: [http://www.wano.info/Documents/WANO\\_WORLDMAP\\_2015\\_PRINT.pdf](http://www.wano.info/Documents/WANO_WORLDMAP_2015_PRINT.pdf)
- [57] GALETKA, Martin. Energetika: Přenosová soustava elektrické energie. *Tzbinfo* [online]. 2016 [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: <http://energetika.tzbinfo.cz/elektroenergetika/13676-prenosova-soustava-elektricke-energie>
- [58] ENERGY: 2030 Energy Strategy. In: *European Commission* [online]. [cit. 2016-04-13]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/energy/node/163>
- [59] ENERGY: 2050 Energy strategy. In: *European Commission* [online]. [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy/2050-energy-strategy>
- [60] Sdělení komise evropskému parlamentu, radě, evropskému hospodářskému a sociálnímu výboru a výboru regionů: *Energetický plán do roku 2050* [online]. Brusel, 2011 [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011DC0885&from=EN>