



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

**Zvýšení přenosové schopnosti propojení Německa s Rakouskem přes
území ČR**

**Ampacity interconnection increasing of Germany with Austria across
Czech Republic territory**

Bakalářská práce

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Elektrotechnika a management

Vedoucí práce: Ing. Miroslav Vítek, CSc.

Petra Dušková

Praha 2020

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Dušková** Jméno: **Petra** Osobní číslo: **474633**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávací katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
Studijní obor: **Elektrotechnika a management**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Zvýšení přenosové schopnosti propojení Německa s Rakouskem přes území ČR

Název bakalářské práce anglicky:

Ampacity interconnection increasing of Germany with Austria across Czech Republic territory.

Pokyny pro vypracování:

Dosavadní stav přenosové soustavy ČR (konfigurace, zatížení)
Plánovaný vývoj PS ČR
Varianty zvýšení přenosové schopnosti PS ČR ve směru Německo Rakousko a zpět

Seznam doporučené literatury:

Vítek M.: Ekonomika dopravních energetických systémů. Skriptum ČVUT FEL, Praha 2008, ISBN978-80-01-04181-9.
Kubín M.: Přenosy elektrické energie ČR v kontextu evropského vývoje. ČEPS, Praha, 2005.
Kubín M.: Proměny české energetiky. Český svaz zaměstnavatelů v energetice, Praha 2009.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Miroslav Vítek, CSc., 13116

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **06.03.2020** Termín odevzdání bakalářské práce: **22.05.2020**

Platnost zadání bakalářské práce: **19.02.2022**

Ing. Miroslav Vítek, CSc.
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Mgr. Petr Páta, Ph.D.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Studentka bere na vědomí, že je povinna vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací.
Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studentky

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité prameny a literaturu, ze které jsem čerpala. Nemám námitek proti dalšímu využití této bakalářské práce školou.

V Praze dne:

Podpis:

Poděkování

Chtěla bych poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Miroslavu Vítkovi, CSc. za užitečné rady a konzultace. Dále bych chtěla poděkovat konzultantům společnosti ČEPS za poskytnutí informací pro tuto práci. V neposlední řadě patří mé díky rodině a přátelům, kteří mě vždy podporovali.

Abstrakt

Tato bakalářská práce je zaměřena na přenosovou soustavou České republiky a uvádí dvě možné nové trasy dvojitého vedení 400 kV, které by navýšily přenosovou schopnost na česko – rakouském profilu. Nákladové porovnání těchto tras určuje výhodnější z navrhovaných. Dále se práce zabývá aukcemi přeshraničních přenosových kapacit. Porovnání stávajících a nových příjmů roční aukce přeshraničních kapacit při stavbě nového přeshraničního vedení vyhodnocuje výhodnost stavby z pohledu získání či ztráty finančních zdrojů pro obnovu přenosové soustavy.

Abstract

This bachelor thesis is focused on the transmission system of the Czech Republic and presents two possible new routes of double 400 kV lines, which would increase the transmission capacity on the Czech – Austrian border. The cost comparison of these routes is made. Furthermore, the thesis mentions auctions of cross-border transmission capacity. The comparison of existing and new revenues of the yearly auction of cross-border transmission capacity with the construction of a new cross-border line evaluates the advantage of the construction from the point of obtaining or losing financial resources for the renewal of the transmission system.

Klíčová slova

Přenosová soustava, evropská elektrizační síť, vedení 400 kV, kabelové vedení, aukce přeshraničních kapacit, nákladové porovnání investic

Key words

Transmission network, European electricity network, 400 kV power lines, cable lines, auctions for cross border transmission, investment cost comparison

Obsah

Seznam použitých symbolů a zkratk	1
Seznam obrázků	3
Seznam tabulek	4
Úvod	5
1. Dosavadní stav přenosové soustavy ČR	6
1.1 Historický vývoj.....	6
1.1.1 Vnitrostátní vedení.....	6
1.1.2 Přeshraniční vedení.....	7
1.2 Přenosová soustava České republiky dnes	8
1.3 Stávající propojení přenosových soustav ve střední Evropě.....	10
1.3.1 Přeshraniční propojení PS ČR	10
1.3.2 Přeshraniční propojení Německa a Rakouska	10
1.3.3 Přeshraniční propojení Německa a Polska.....	10
1.4 Zatížení PS ČR.....	12
2 Obchod s přeshraničními přenosovými kapacitami	14
2.1 Explicitní aukce.....	14
2.2 Implicitní aukce.....	15
2.3 Metody stanovení přeshraničních přenosových kapacit	15
2.4 Aktuální stav trhu přeshraničních přenosových kapacit	16
2.5 Příjmy z aukcí	17
3 Plánovaný rozvoj PS ČR	20
3.1 Desetiletý plán rozvoje sítě	20
3.2 Plán rozvoje PS ČR 2019-2028.....	20
4 Varianty zvýšení přenosové schopnosti PS ČR ve směru Německo – Rakousko	22
4.1 Navrhované trasy propojení ČR a Rakouska	23

4.1.1	Varianta 1: Trasa Dasný – Ernstshofen	23
4.1.2	Varianta 2: Trasa Dasný – Lipno – Aschach	24
4.1.3	Varianta 2: Subvarianty	27
5	Ekonomické vyhodnocení navržených variant	30
5.1	Náklady na jednotlivé trasy.....	30
5.1.1	Varianta 1.....	31
5.1.2	Varianta 2.....	31
5.2	Nákladové porovnání	31
5.3	Změna příjmů z aukcí přeshraničních kapacit	32
5.4	Porovnání navýšení příjmů z aukcí s anuitní hodnotou navrhovaných variant	35
Závěr	38	
Literatura a informační zdroje.....	40	
Seznam příloh.....	42	
Přílohy.....	43	

Seznam použitých symbolů a zkratek

50Hertz	Provozovatel přenosové soustavy v Německu
APG	Provozovatel přenosové soustavy v Rakousku
CAO	Central Allocation Office – Centrální aukční kancelář
CASC.EU	Centrální aukční kancelář pro západní Evropu
CENTREL	Asociace, která sdružovala provozovatele přenosových soustav Maďarska, Polska, ČR a SR
ČEPS	Provozovatel přenosové soustavy v České republice
ČR	Česká republika
ČSR	Československá republika
ENTSO-E	European Network of Transmission System Operators for Electricity – Evropská síť provozovatelů přenosových soustav elektřiny
ERÚ	Energetický regulační úřad
EU	Evropská unie
INEA	Innovation and Networks Executive Agency – Agentura pro inovace a sítě
JAO	Joint Allocation Office – Spojená aukční kancelář
JE	Jaderná elektrárna
MC	Market Coupling
NDR	Německá demokratická republika
NTC	Net Transmission Capacity – čistá přenosová kapacita
PCI	Projects of Common Interest – Projekty společného zájmu
PS	Přenosová soustava
PSE	Provozovatel přenosové soustavy v Polsku
PST	Phase Shifting Transformers – transformátory s posunem fáze
PVE	Přečerpávací vodní elektrárna
RVHP	Rada vzájemné hospodářské pomoci

SEPS	Provozovatel přenosové soustavy na Slovensku
SIDC	Single Intraday Coupling – Jednotné vnitrodenní obchodování
TenneT	Provozovatel přenosové soustavy v Německu
TYNDP	Ten-Year Network Development Plan – Desetiletý rozvojový plán sítí
UCPTE	Union for Coordination of Production and Transmission of Electricity – Sdružení pro koordinaci výroby a přenosu elektrické energie
UCTE	Union for Coordination of Transmission of Electricity – Sdružení pro koordinaci přenosu elektrické energie
VE	Vodní elektrárna
WACC	Weighted Average Cost of Capital - Vážený průměr nákladů kapitálu
XBID	Cross-border Intraday Coupling – Přeshraniční vnitrodenní obchodování

Seznam obrázků

Obrázek 1: Vývoj přenosové soustavy - rok 1988.....	7
Obrázek 2: Schéma sítí z roku 2018	9
Obrázek 3: Propojení elektrizační soustav 2020.....	11
Obrázek 4: Roční toky energie - rok 2017.....	13
Obrázek 5: První a druhá vlna Lokálních implementačních projektů	17
Obrázek 6: Poptávka po přeshraniční kapacitě.....	18
Obrázek 7: Příjmy z aukcí přeshraničních kapacit	19
Obrázek 8: Rozvojové schéma PS ČR - stav v roce 2028	21
Obrázek 9: Výřez mapy evropských přenosových sítí ENTSO-E.....	22
Obrázek 10: Mapa navrhované trasy Dasný – Ernsthofen	24
Obrázek 11: Mapa navrhované trasy Dasný - Lipno – Aschach	26
Obrázek 12: Subvarianta trasy 2, stavba nového vedení 380 kV v koridoru vedení 220 kV a připojení do jednoho potahu 380 kV St. Peter – Erntsthofer	27
Obrázek 13: Subvarianta trasy 2 přestavba vedení 220 kV na vedení 380 kV po celé délce	28
Obrázek 14: Subvarianta trasy 2, trasa Dasný - Lipno – Jochestein, rekonstrukce dosavadních 220 kV vedení Jochenstein – St. Peter na 380 kV	29
Obrázek 15: Poptávková křivka - roční aukce kapacit na hranici Česko – Rakousko pro rok 2020	33
Obrázek 16: Poptávková křivka - roční aukce kapacit na hranici Rakousko – Česko pro rok 2020	34
Obrázek 17: Příjmy z roční aukce přeshraničních kapacit v roce 2020 při změně velikosti nabízené kapacity.....	35

Seznam tabulek

Tabulka 1: Vývoj celkových délek vedení vvn v bývalém ČSSR v letech 1975 - 1988..	6
Tabulka 2: Ceny vedení 2x400 kV a polí pro zaústění 2x400 kV	30
Tabulka 3: Celkové náklady na trasu 1	31
Tabulka 4: Celkové náklady na trasu 2.....	31
Tabulka 5: Nákladové porovnání navrhovaných variant.....	31
Tabulka 6: Měrné výdaje tras	32
Tabulka 7: Zvýšení kapacity přidělené pro roční aukci po stavbě nového dvojitého vedení 400 kV.....	33
Tabulka 8: Změna příjmů společnosti ČEPS z roční aukce přeshraničních kapacit pro rok 2020 po zvýšení přeshraniční kapacity o 2,4 GW	34
Tabulka 9: Zvýšení celkových příjmů z roční aukce přeshraničních kapacit pro česko-rakouský profil, oba směry	36
Tabulka 10: Výpočet anuitních hodnot investic do jednotlivých variant	36
Tabulka 11: Porovnání zvýšení příjmů z ročních aukcí přeshraničních kapacit s anuitní hodnotou investic do jednotlivých variant.....	37

Úvod

Tato práce pojednává o možnostech stavby nového přeshraničního vedení Česko-Rakousko pro zvýšení přenosové schopnosti mezi Rakouskem a Německem a mezi dalšími evropskými státy. Nejprve je probrán vývoj a současný stav přenosové soustavy ČR, dále problémy zatížení přenosové soustavy ČR a možné řešení pomocí stavby nového přeshraničního vedení. Společnost ČEPS má vypracovaný desetiletý plán budoucích investic a za pomoci zvyšování hladiny napětí a stavbou nového vedení by po propojení s navrhovanými trasami vznikl nový silný koridor pro mezinárodní přenos elektrické energie. Kromě zajištění spolehlivějšího přenosu by také větší přeshraniční kapacity napomohly mezinárodnímu obchodu s elektrickou energií.

Část práce se zabývá aukcemi přeshraničních přenosových kapacit. Uvedeny jsou typy aukcí a způsoby alokace volné obchodovatelné přeshraniční kapacity. Provedená ekonomická analýza zjišťuje, jak by byly ovlivněny příjmy z těchto aukcí stavbou nového přeshraničního vedení.

Navrhované vedení dvojitě linky 400 kV se dělí na dvě varianty. Tyto varianty se liší délkou, částečně i charakterem vedení. Varianty nového přeshraničního vedení jsou nákladově porovnány a vyhodnoceny.

1. Dosavadní stav přenosové soustavy ČR

1.1 Historický vývoj

1.1.1 Vnitrostátní vedení

První vedení 100 kV bylo postaveno v roce 1925 a uvedeno do provozu v roce 1927 na trase Ervěnice-Praha. Linky 100 kV se nejdříve stavěly samostatně a plnily přenosovou funkci. Po dokončení 100 kV vedení Oslavany-Opočínec v roce 1951 a vybudováním dalších linek vznikla první nadřazená elektrizační soustava Československa. Vedení Oslavany-Opočínec propojilo linky 100 kV na našem území a umožnilo spolupráci systémů východních Čech a Moravy (a západního Slovenska). Avšak teprve stavbou vedení 220 kV na trase Výškov-Opočínec v roce 1952 došlo k silnějšímu propojení systémů a ke skutečnému sjednocení československé elektrizační soustavy.

Propojování Československé republiky pokračovalo v padesátých letech výstavbou linek 110 kV. Dle dlouhodobého plánu byla síť 100 kV a 110 kV budována jako přenosová, ovšem tato síť se brzy ukázala být nedostatečná. Vzhledem k velké vzdálenosti výroby od místa spotřeby a zvyšující se spotřebě bylo rozhodnuto pokračovat ve výstavbě vedení 220 kV. Linky o napětí 220 kV měly sloužit pro přenos velkých výkonů uvnitř Československé republiky. Jejich výstavba pokračovala během šedesátých a sedmdesátých let. Linky 220 kV v té době tvořily páteř naší soustavy a zajišťovaly přenos elektřiny ze severozápadních Čech na Moravu a na Slovensko, ale také první mezinárodní spolupráci s Maďarskem, bývalým NDR a Polskem.

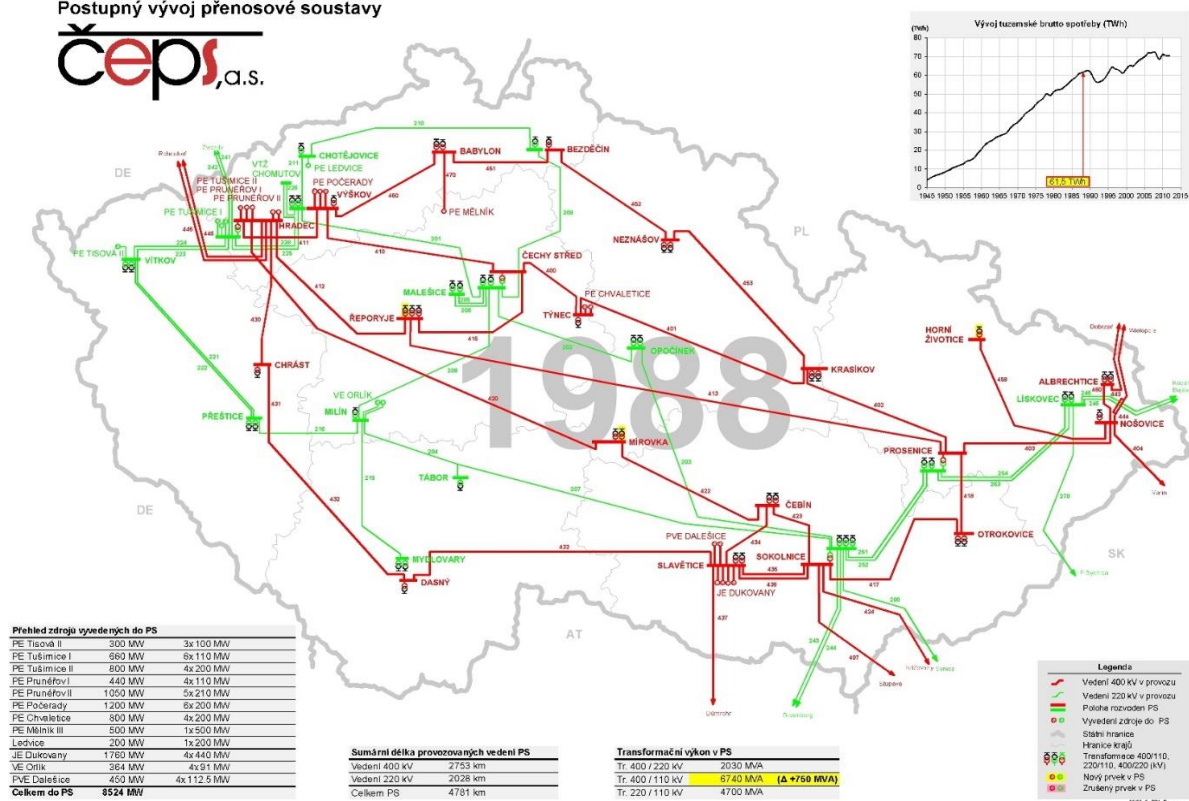
Vzhledem k vzdálenosti budovaných zdrojů, které byly vázány na primární zdroje na severu ČR (uhelné pánve), bylo třeba stavby nových přenosových linek na východ Čech a na Moravu. Přikročilo se k budování linek 400 kV a v roce 1962 se podařilo uvést první takovou linku do provozu. Následujících dvacet let postupovalo budování systému 400 kV v ČSR velmi rychle. Sítě o napěťové hladině 220 kV nejsou po roce 1980 dále rozvíjeny a slouží převážně jako záložní napájecí trasy při poruchách v přenosové soustavě 400 kV. [1]

Rok	1975	1980	1985	1988
Délka vedení 400 kV v ČSSR (km)	2 489	3 144	3 578	3 870
Délka vedení 220 kV v ČSSR (km)	2 397	2 451	2 408	2 430
Délka vedení 110 kV v ČSSR (km)	9 277	9 988	11 023	11 358

Tabulka 1: Vývoj celkových délek vedení vvn v bývalém ČSSR v letech 1975 - 1988 [1]

Postupný vývoj přenosové soustavy

čeps, a.s.



Obrázek 1: Vývoj přenosové soustavy - rok 1988 [9]

1.1.2 Přeshraniční vedení

V roce 1953 se uskutečnila první paralelní spolupráce elektrizačních soustav bývalých členských zemí RVHP mezi Československem a Maďarskem linkou 110 kV Nové Zámky-Kisigmánd a o něco později vedením Bystričany-Vác. Dále bylo dostavěno vedení 200 kV Bystričany-Zugló. V roce 1960 se ke spolupráci připojila také NDR a od roku 1961 se synchronně propojily elektrizační soustavy Československa, bývalého NDR, Polska a Maďarska. V roce 1963 se již linkou 400 kV připojilo Rumunsko a v roce 1967 linkou 200 kV Bulharsko. Výměna elektrické energie mezi Rakouskem a Československem byla zahájena v roce 1959 linkou 200 kV Sokolnice-Bisamberg. Zanedlouho přestala být přenosová kapacita dostačující, a proto byl v roce 1983 zahájen provoz nového vedení 400 kV Slavětice-Dürnrroh za pomoci stejnosměrné spojky nulové délky. Další stejnosměrná spojka Hradec-Elzenricht byla uvedena do provozu v roce 1992. K synchronnímu připojení soustav CENTREL k UCPTE došlo v roce 1995. Nově vzniklá synchronní oblast kontinentální Evropy pod názvem UCTE, která mimo začlenění dalších států oddělila přenos od výroby elektrické energie a nadále se zabývala pouze přenosem elektrické energie mezi členskými evropskými státy. [2]

Ke stavbě vedení o vyšší napěťové hladině (změna z 220 kV na 400 kV) se přistoupilo z následujících důvodů: vyšší napěťová hladina snižuje měrné investiční náklady na přenášený MW a km, sníží se měrné provozní náklady a zvyšuje se přenosová schopnost v dané trase. Naskytne se tím i větší možnost mezinárodní spolupráce. [2]

Během devadesátých let došlo k podstatným změnám ve využívání přenosové soustavy. Výrazně se navýšilo množství přenášené elektřiny. V roce 2010 byl proto zahájen její rozvoj kvůli zabezpečení spolehlivého provozu a posílení mezinárodní spolupráce.

1.2 Přenosová soustava České republiky dnes

Přenosovou soustavu České republiky provozuje a spravuje společnost ČEPS, a.s. K přenosové soustavě patří vedení o napěťových hladinách 400kV a 220kV (historicky i malá část vedení 110kV). Dále jsou její součástí rozvodny a transformátory, které soustavu propojují. Přenosová soustava slouží pro tranzit elektrické energie ve velkých objemech na velké vzdálenosti. Používá se k přenosu v rámci našeho území a také v rámci propojených evropských přenosových soustav. Do soustavy jsou připojené zdroje elektrické energie a distribuční sítě. Distribuce je část elektrizační soustavy, která přivádí elektrickou energii přímo ke spotřebitelům. Společnost ČEPS je součástí organizace ENTSO-E, která sdružuje 43 provozovatelů přenosových soustav z 36 zemí Evropy. [9]

Společnost ČEPS poskytuje přenosové a systémové služby. Přenosové služby tvoří základ činnosti ČEPS. Patří mezi ně zajištění státního a také vnitrostátního přenosu elektrické energie z míst výroby do míst spotřeby. Systémové služby jsou činnosti, které zajišťují kvalitu a spolehlivost dodávky. Dodržením kvality přenosu se rozumí dodržení frekvence a napětí v určitých mezích, což je důležité nejen z důvodu plnění mezinárodních závazků, ale hlavně pro spotřebitele. Jejich spotřebiče jsou konstruovány za předpokladu, že tyto parametry (frekvence a napětí) jsou udržovány v normativních mezích díky udržování výkonové rovnováhy v reálném čase (frekvence). Spotřeba elektrické energie se musí v každém momentu rovnat výrobě a je nutné neustále kontrolovat tuto bilanci. Pod systémové služby také patří obnovení provozu při případných poruchách PS a výpadku dodávek elektřiny.

K přenosovým službám patří:

- vnitrostátní přenos
- přeshraniční přenos

K systémovým službám patří:

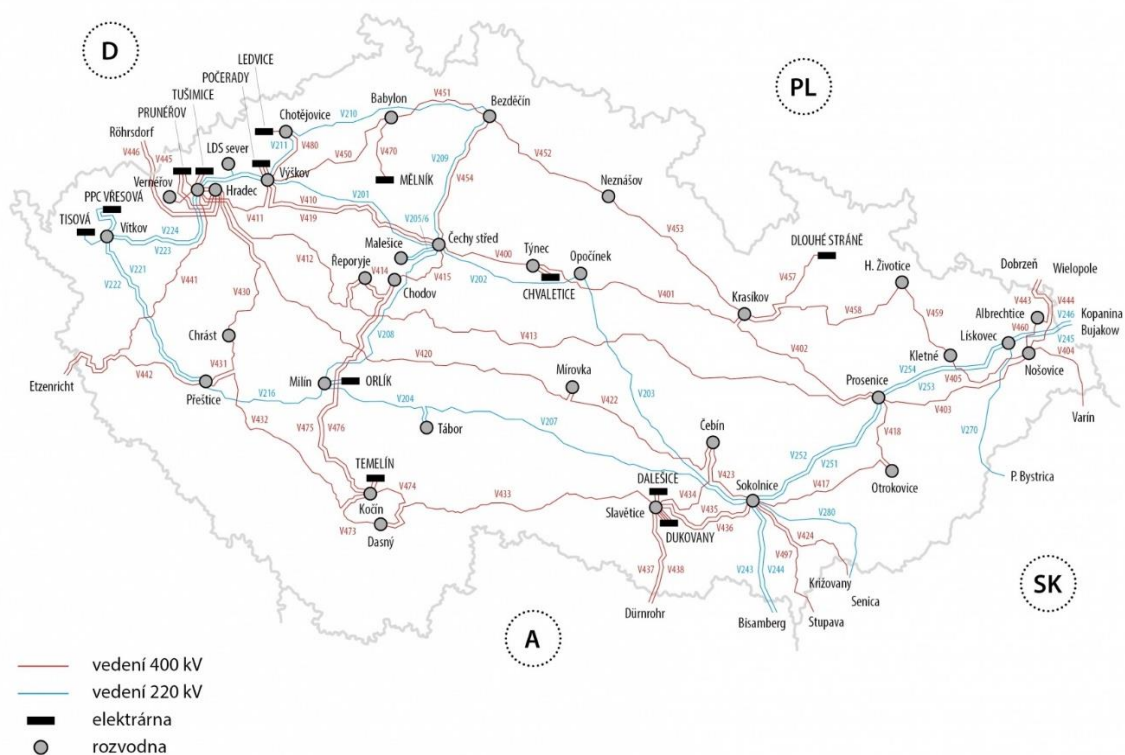
- udržování kvality elektřiny
- udržování výkonové rovnováhy v reálném čase
- obnovení provozu při případném výpadku dodávek elektřiny
- dispečerské řízení

Proto, aby mohl ČEPS poskytovat systémové služby, nakupuje podpůrné služby. Podpůrné služby jsou činnosti fyzických a právnických osob, které napomáhají udržení výkonové rovnováhy. Změnami ve spotřebě nebo ve výrobě různých subjektů na základě signálu z dispečinku ČEPS je pomocí podpůrných služeb udržována výkonová rovnováha, kvalita a spolehlivost provozu PS. Podpůrné služby se dělí na nakupované

1) na volném trhu – regulační energie v rámci vnitrodenního trhu a

2) nakupované prostřednictvím přímé smlouvy s poskytovatelem (takzvané minutové zálohy)

3) a na havarijní smlouvy se synchronně pracujícími soustavami.



Obrázek 2: Schéma sítě z roku 2018 [9]

Aktuálně k přenosové soustavě patří 43 rozvodn se 78 transformátory, trasy vedení 400kV o délce 3780 km, trasy vedení 220kV o délce 1737 km a trasy vedení 110kV o délce 84 km. [9]

1.3 Stávající propojení přenosových soustav ve střední Evropě

Zahraníční vedení umožňují propojení jednotlivých přenosových soustav. Postupným posilováním a stavbou nových zahraničních vedení vzniká jednotná evropská přenosová síť, která umožňuje vznik společného evropského trhu s elektřinou a zvyšuje bezpečnost dodávek elektrické energie.

1.3.1 Přeshraniční propojení PS ČR

Přenosová soustava České republiky je propojena s pěti zahraničními přenosovými soustavami za pomoci 17 zahraničních vedení zahrnujících 11 vedení o napěťové hladině 400kV a 6 vedení o napěťové hladině 220kV. S rakouskou přenosovou soustavou APG je propojena dvojitými linkami 400 kV a 220 kV. Se slovenskou přenosovou soustavou SEPS je propojena třemi linkami 400 kV a dvěma linkami 220 kV. S polskou přenosovou soustavou PSE je propojena dvěma linkami 400 kV a dvojitou linkou 220 kV. S německým provozovatelem 50Hertz je propojena dvojitou linkou 400 kV a s provozovatelem TenneT dvěma linkami 400 kV.

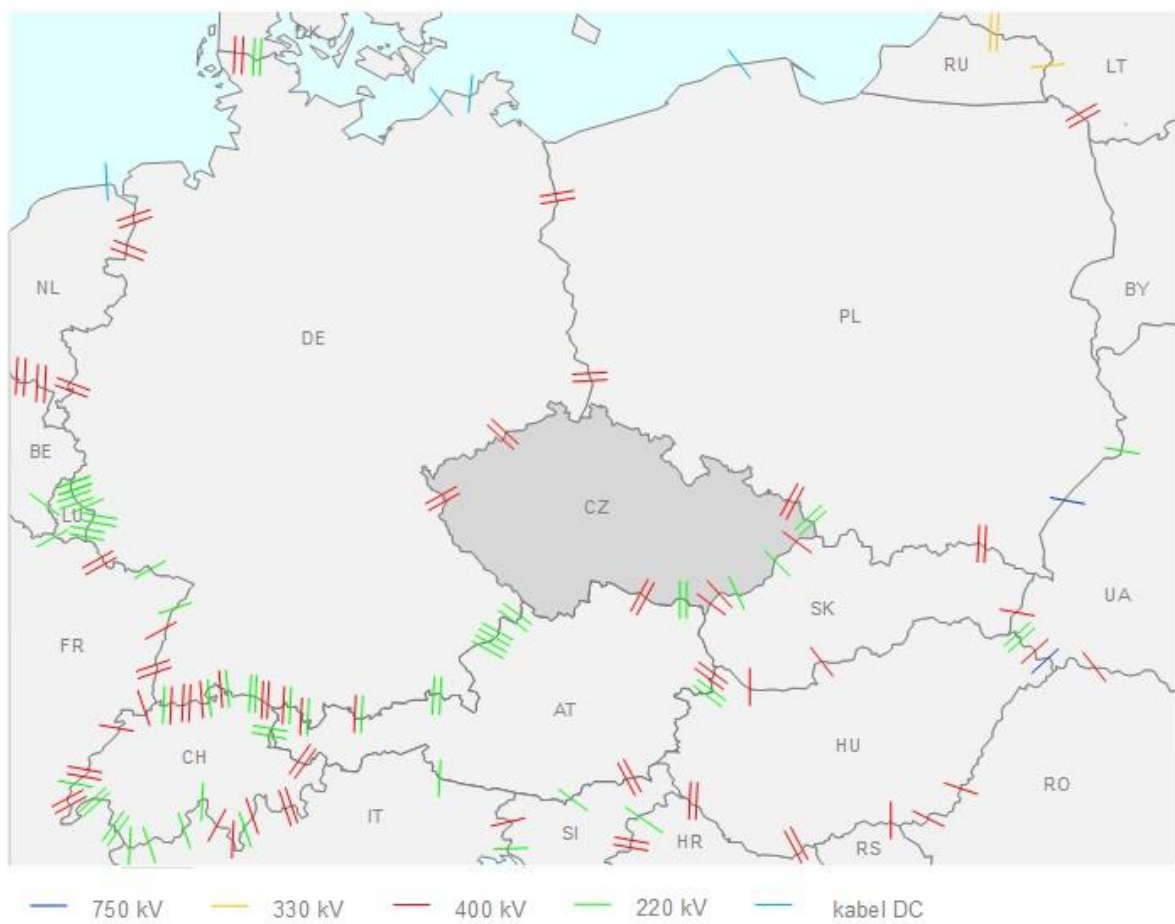
V rozvodně Hradec u Kadaně jsou v provozu 4 PST transformátory (transformátory s posunem fáze, které umožňují regulovat přenášený činný výkon), stejně tak na německé straně jsou v rozvodně Röhrsdorf (50Hertz) v provozu 2. Tyto transformátory zabraňují velkým přetokům výkonu a přetěžování přenosové sítě ČR.

1.3.2 Přeshraniční propojení Německa a Rakouska

Německé přenosové soustavy TransnetBW a Amprion jsou k rakouské přenosové soustavě APG připojeny pomocí linek 380 kV. Německá přenosová soustava Tennet je k rakouské přenosové soustavě APG připojena skrz linky 220 kV.

1.3.3 Přeshraniční propojení Německa a Polska

Propojení německé přenosové soustavy 50Hertz a polské přenosové soustavy PSE je realizováno pomocí linek 400 kV. Na polské straně zahraničních vedení jsou instalovány PST transformátory, které brání velkým přetokům z Německa do Polska.



Obrázek 3: Propojení elektrizační soustav 2020 [10]

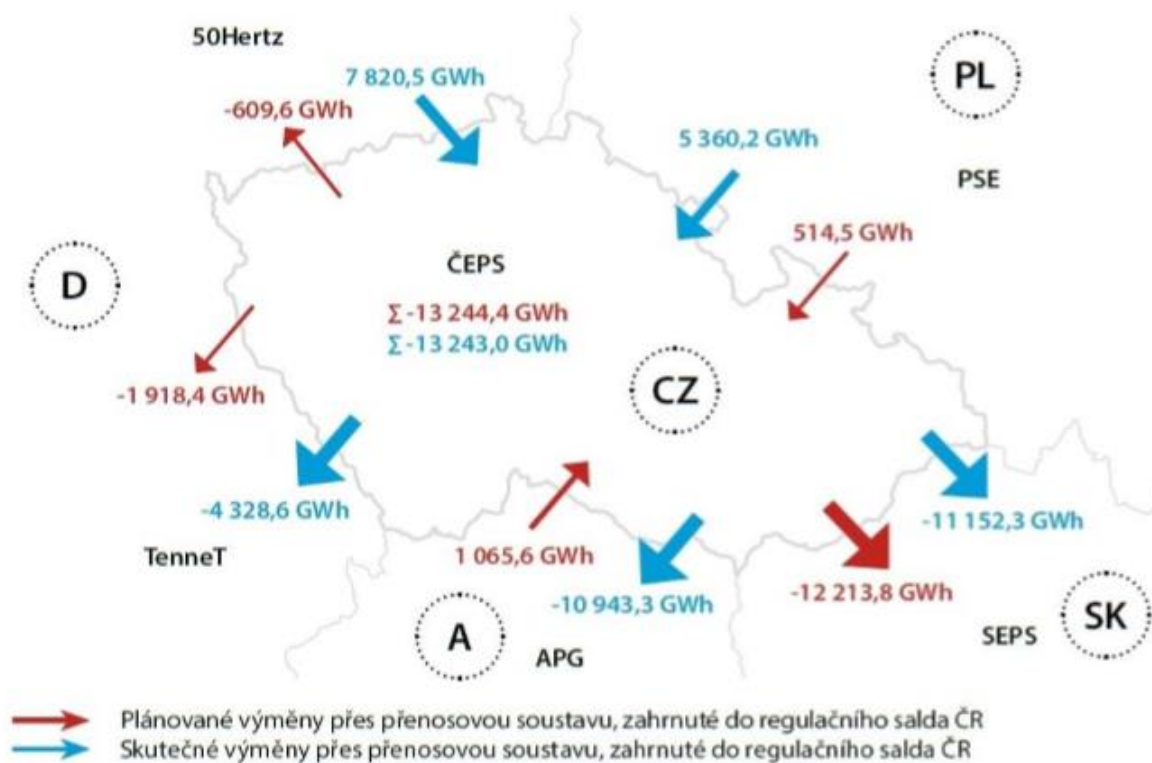
1.4 Zatížení PS ČR

Stávající přenosové sítě vznikly jako národní soustavy a jejich možnosti mezinárodní spolupráce jsou omezené. Přenášení elektrické energie z jednoho trhu na druhý je pouze iluzorní a skutečné toky výkonu se řídí fyzikálními zákony. Vznikají paralelní a kruhové toky výkonu, které snižují volné kapacity vedení a zvyšují ztráty na vedení. Při špatném řízení propojených soustav také může dojít k nedodržení kritéria (N-1) a ke vzniku přetížení, až blackoutu (rozsáhlému výpadku dodávky elektřiny). Platí princip solidarity, kdy se automaticky aktivují primární zálohy v synchronní oblasti. Až poté nastupuje princip neintervence, tedy že každá soustava si musí do 15 min vyrovnat svou výkonovou bilanci vlastní zálohou, takzvanou sekundární. Po vyčerpání sekundárních záloh nastupují zálohy terciární. Všechny zálohy jsou placené poskytovatelům podpůrných služeb. [1]

Přenosová soustava České republiky se používá pro vnitrostátní přenos, ale také jako tranzitní článek pro přenos výkonu mezi okolními státy. Česká republika je převážně exportérem elektrické energie, kdy výroba je povětšinou větší než spotřeba. Hlavní import je ze severního Německa a Polska a exportujeme převážně na Slovensko, do Rakouska a na jih Německa (směry toků výkonu se mohou měnit v čase a role exportéra/importéra elektrické energie také).

Před instalací PST transformátorů docházelo k přetěžování sítě v důsledku intermitentních zdrojů na severu Německa. Výkon tak přetékal přes naše území na jih Německa a do Rakouska a ohrožoval bezpečný provoz české přenosové soustavy. Po zprovoznění PST transformátorů v roce 2017 má společnost ČEPS nástroj pro kontrolu protékaného výkonu. Regulace za pomoci transformátorů s posunem fáze zajišťuje bezpečný a spolehlivý provoz PS ČR a zvyšuje stabilitu celého středoevropského regionu. [14]

Další výhodou kontroly protékaného výkonu je zmenšení bezpečnostních rezerv přenosových kapacit (pro paralelní a kruhové toky výkonu) a uvolnění části těchto přeshraničních kapacit pro obchod. Zvyšují se tak nabízené kapacity pro denní a vnitrodenní aukce. [15]



Obrázek 4: Roční toky energie - rok 2017 [9]

Na výše uvedené mapě jsou červeně uvedeny plánované (obchodní) přeshraniční toky a skutečné (fyzické) přeshraniční toky elektřiny.

Němečtí provozovatelé přenosové soustavy pro zvětšení přenosové schopnosti mezi severem a jihem země plánují stavbu několika HVDC vedení. Sloužit budou pro přepravu větrné energie z off-shore a on-shore elektráren na severu k industriálnímu a hustě osídlenému jihu. Problémem zůstává zdoluhavý schvalovací proces stavby vedení a nevole občanů, kteří mají své pozemky na trase plánovaného vedení. Z důvodu postupného odstavování jaderných (v roce 2022) a uhelných (v roce 2038) elektráren a nahrazování těchto zdrojů obnovitelnými zdroji energie je rychlá stavba nových přenosových vedení nutná. Nejdůležitější přenosová vedení sever-jih by měly být postaveny do roku 2025. [16]

V Rakousku provozovatel přenosové soustavy APG plánuje stavbu takzvaného 380-kV-Ringu. Nově postavené linky vedení o napětí 380 kV by po propojení se stávajícími vytvořily prstenec kolem Alp¹, který by zvýšil vnitrostátní přenosovou schopnost. [23]

¹ Mapa rakouského 380-KV-Ringu je společně s plánovaným německým HVDC vedením uvedena v příloze na stranách 44 – 45.

V současnosti vznikají přetoky energie přes polskou a českou PS z důvodu malé vnitrostátní přenosové schopnosti německé PS a slabé PS Rakouska, tvořené převážně vedením 220 kV. [15]

2 Obchod s přeshraničními přenosovými kapacitami

Elektrizační sítě byly převážně budovány pro vnitrostátní rozvod elektrické energie a přeshraniční vedení sloužila jako bezpečnostní prvek pro vzájemnou výpomoc mezi národními soustavami. Přeshraniční vedení nebyla primárně stavěna pro přeshraniční obchod. V 80. a 90. letech probíhal přeshraniční přenos velmi netransparentně a více než tržní faktory hrály roli při přidělování těchto kapacit politické preference jednotlivých vlád a různé známosti. Teprve po vstupu České republiky do EU začalo na našem území platit nařízení, které definovalo základní pravidla pro vnitřní trhy s elektřinou a pro přidělování omezených přeshraničních kapacit pro přeshraniční přenos. [5]

Přeshraniční přenosové kapacity jsou přidělovány na základě aukcí. Tyto aukce organizuje aukční kancelář JAO, která vznikla v roce 2015 spojením středoevropské aukční kanceláře CAO a západoevropské aukční kanceláře CASC.EU. Od roku 2018 JAO poskytuje roční, měsíční, denní a vnitrodenní aukce přenosových kapacit ve všech evropských přenosových soustavách, které realizují svou činnost v souladu s právními předpisy EU (25 přenosových soustav z 22 zemí). [13]

2.1 Explicitní aukce

Prvním krokem ke skutečně tržnímu mechanismu pro řešení problematiky nedostatečných přeshraničních kapacit bylo zavedení explicitních aukcí. Tyto aukce fungují na bázi bilaterálních dohod nebo na základě vícestranných dohod v rámci jedné aukční kanceláře. Provozovatel přenosové soustavy nabízí volné přenosové kapacity na jednotlivých hranicích přímo účastníkům trhu. Účastníci trhu poté poptávají určité objemy přenosové kapacity za určitou cenu v časovém členění dané charakterem aukce (ročním, měsíčním nebo denním). Kapacita je po skončení aukce přidělována v pořadí podle nabídkových cen až do uspokojení všech nabídek nebo do vyčerpání dostupné kapacity.

V Evropské unii je platný model tzv. marginálních cen, kdy tuto cenu vytváří poslední akceptovaná nabídka v pořadí. Pokud jsou uspokojeny všechny nabídky, je aukční cena

nulová. V některých zemích se také používá princip Pay as Bid, kde účastník trhu platí za kapacitu vždy svou nabídkovou cenu. [5][6]

Explicitní aukce má řadu nevýhod. Mezi nejzávažnější z nich je oddělený nákup/prodej přenosové kapacity a elektrické energie. Nakoupená velikost přeshraniční kapacity tedy nemusí odpovídat získané energii, což snižuje efektivitu přeshraničního obchodování (nevyužitím koupeného profilu). Dále také skutečný fyzický tok elektrické energie nemusí odpovídat směru zobchodovaného toku. Z těchto a dalších důvodů je snaha se po zavedení explicitních aukcí přesunout k aukcím implicitním.

2.2 Implicitní aukce

Při implicitní aukci dochází k propojení trhů s elektrickou energií a k nákupu jak elektřiny, tak potřebného přeshraničního profilu v jednom kroku a na jednom místě. Implicitní aukce mají za úkol zajistit sblížení cen v různých tržních oblastech, zvýšení spolehlivosti dodávek a sblížení obchodních a fyzických toků elektrické energie.

Rozlišují se dvě formy implicitních aukcí:

- Market Coupling
- Market Splitting

Základním rozdílem je počet tržních míst v oblasti. Market Coupling spojuje více samostatných trhů několika regionů nebo zemí v jeden. Každé tržní místo je provozováno vlastním operátorem trhu a má vlastní pravidla obchodování. Market Coupling se dělí na cenový coupling (ceny na trhu a obchodované objemy jsou vypočteny jediným centralizovaným systémem) a na objemový coupling (určuje se pouze velikost a směr přeshraničního toku mezi tržními oblastmi). V současnosti je používaným typem couplingu cenový coupling. V případě rozdílných cen mezi tržními oblastmi je generovaný výnos zdroj příjmů zúčastněných provozovatelů přenosových soustav. [5][6]

Market Splitting je forma implicitní aukce, kde se vyskytuje pouze jedno tržní místo. Po vyčerpání fyzických přenosových kapacit se trhy rozdělí a vzniknou oblasti s různou cenou elektřiny.

2.3 Metody stanovení přeshraničních přenosových kapacit

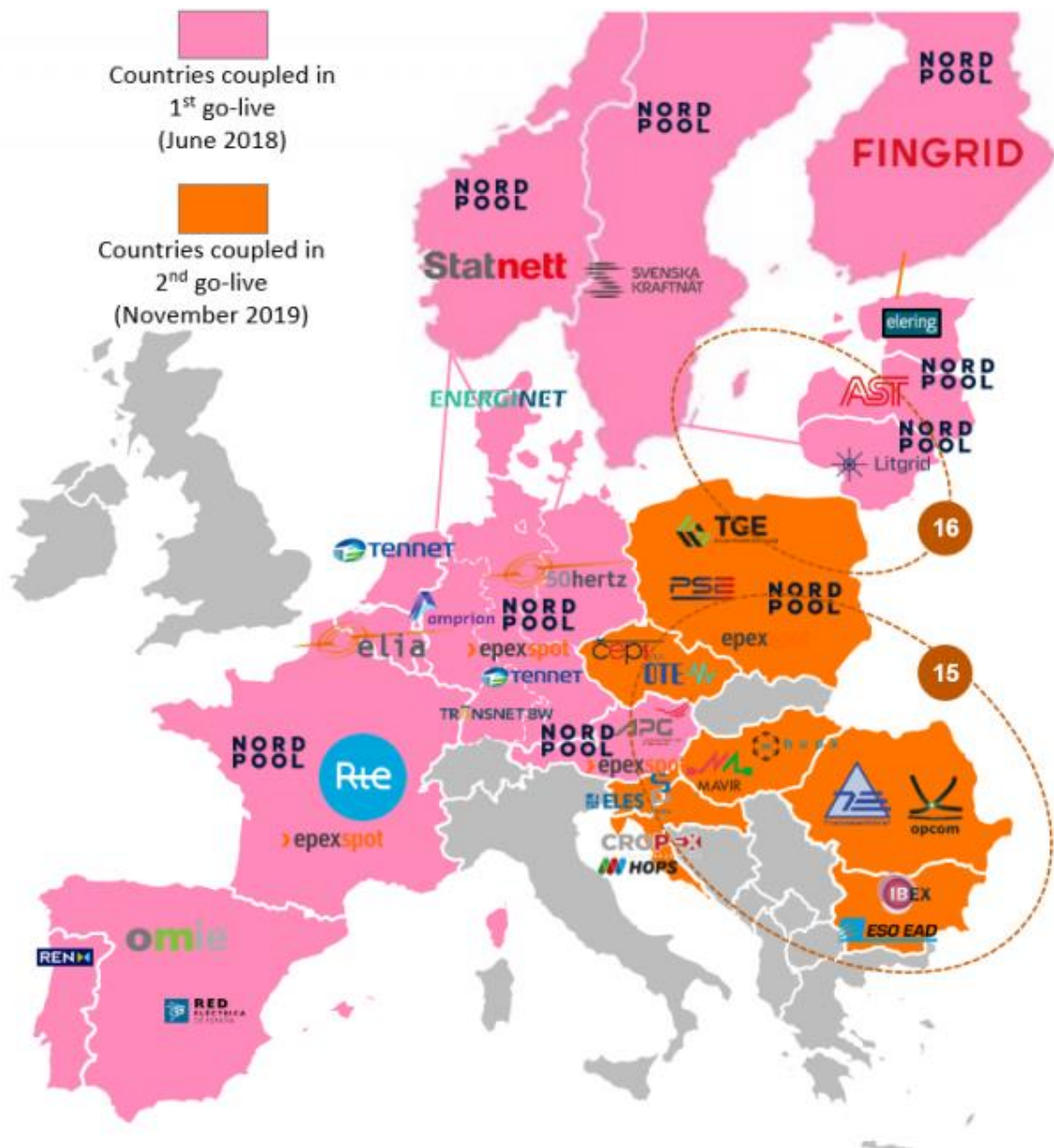
Aktuálně se používá metoda NTC – čistá přenosová kapacita. Tato maximální obchodovatelná kapacita se spočítá jako rozdíl celkových přenosových kapacit a spolehlivostních rezerv. Každá přenosová soustava provede výpočet pro každou svou

hranici a hodnoty se poté harmonizují, na stejném profilu se vybere vždy ta nižší. Přidělování kapacit probíhá samostatně pro každou hranici. Tento princip vyžaduje provádění sofistikovaných výpočtů a výsledná kapacita musí zahrnovat bezpečnostní rezervu. Přenosové kapacity tak nejsou přidělovány s maximální efektivitou a prostor pro přeshraniční obchod se snižuje. [5]

Při flow-based metodě je každá přeshraniční obchodní transakce nejdříve zkušebně vložena do aktuálního modelu sítě a až poté je požadavek na přenos akceptován nebo zamítnut. Pokud nedojde k přetížení některého prvku sítě, může být transakce realizována. [5] Flow-based metoda je nyní testována a pod názvem Core Flow-Based Market Coupling a zahájení jejího provozu celoevropsky je v současné době plánováno na rok 2021. [9]

2.4 Aktuální stav trhu přeshraničních přenosových kapacit

Od roku 2009 probíhá propojení denního trhu s elektřinou mezi Českou a Slovenskou republikou na principu implicitní aukce. V roce 2012 se propojil česko-slovensko-maďarský denní trh a v roce 2014 došlo k připojení Rumunska a vzniku 4M Couplingu. Projekt SIDC, dříve známý pod zkratkou XBID, propojil ve dvou vlnách (první vlna lokálních implementačních projektů v roce 2018, druhá vlna v roce 2019) vnitrodenní trhy s elektřinou ve 21 zemích. V druhé vlně byla zahrnuta také Česká republika. Implicitní přidělování vnitrodenních přeshraničních přenosových kapacit na česko-německé, česko-rakouské a česko-polské hranici by mělo být zavedeno ke konci roku 2020. Roční a měsíční aukce stále probíhají a budou probíhat na našich hranicích explicitně. [5][9]



Obrázek 5: První a druhá vlna Lokálních implementačních projektů [9]

2.5 Příjmy z aukcí

Provozovatelé přenosové soustavy náleží příjmy z aukcí přenosových kapacit. Výtěžek z těchto aukcí se rozdělí napůl mezi dva provozovatele soustavy na hranici nebo mezi více provozovatelů, pokud byla aukce koordinována přes více hranic.

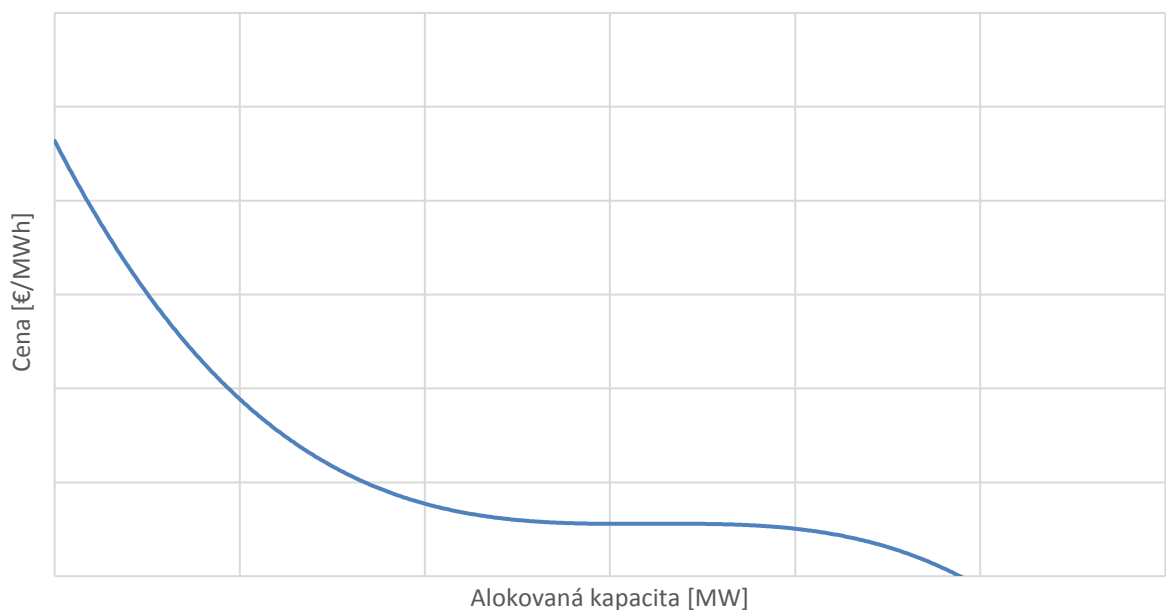
Dle evropské legislativy by se provozovatelé přenosových soustav neměli na příjmy z aukcí přeshraničních kapacit dívat jako na zdroj příjmů, ale jako na prostředky pro budoucí zajištění dostupnosti přenosové kapacity a její zvyšování. Tyto příjmy by měly také sloužit jako prostředky pro financování budoucích investic do PS. Dalším zvyšováním přenosové kapacity ovšem může provozovatel přenosové soustavy snižovat

své příjmy, a jakmile přesáhne dostupná kapacita běžnou poptávku, bude příjem z aukce nulový. Při malém zvýšení může ovšem dojít i ke zvýšení příjmů. [5]

Cílem je předejít zpoplatnění přeshraničního přenosu. Nynějším systémem nejsou ovšem provozovatelé přenosových soustav motivováni ke stavbě nového přeshraničního vedení. Při stavbě nového přeshraničního vedení by náklady musely být promítnuty do domácích tarifů pro výrobce/spotřebitele. Náklady na zajišťování přenosové kapacity by tedy nebyly placeny uživateli těchto kapacit. [5]

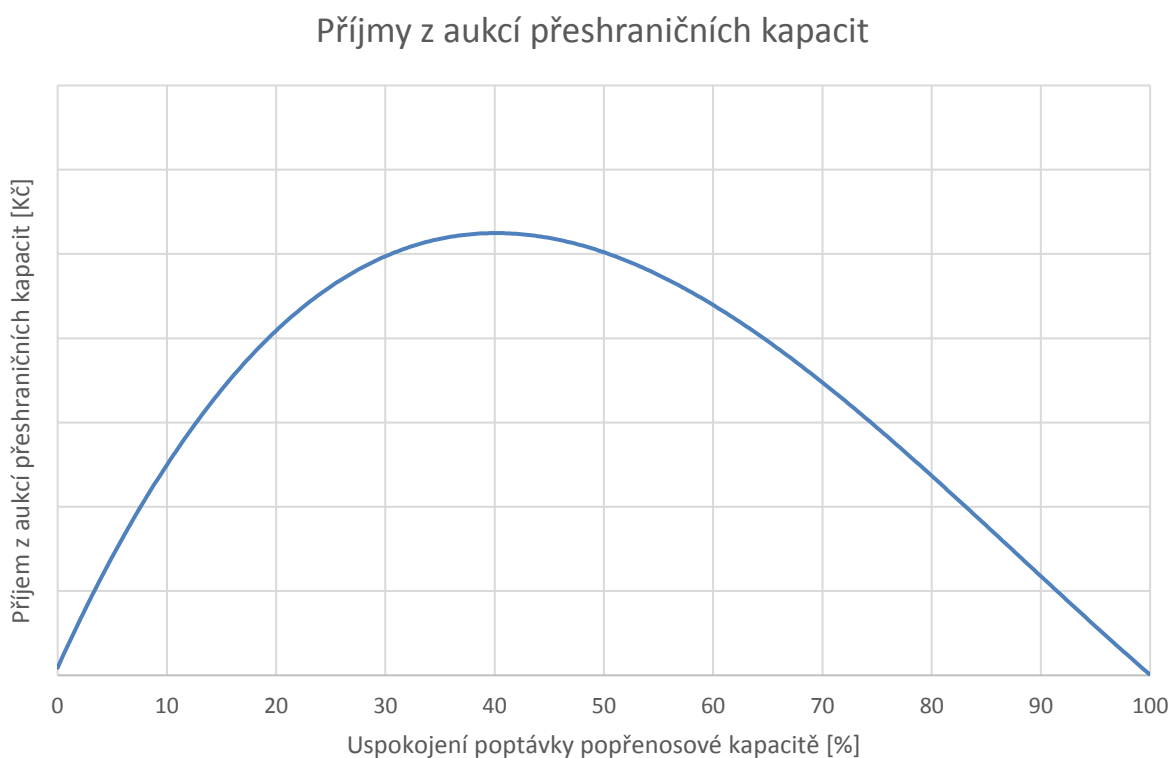
Poptávka po přeshraniční kapacitě je ve tvaru S-křivky. Poptávková křivka znázorňuje závislost, kolik jsou obchodníci ochotni zaplatit za schopnost vedení v dané hodině přenést jeden MW při dané velikosti alokované kapacity pro dlouhodobý/krátkodobý trh. Tato přenosová kapacita má potenciál přenést elektrickou energii, ale je otázka, zda se tato přenosová schopnost využije. Aukcí přeshraničních přenosových kapacit dojde pouze k rezervování kapacity přeshraničního vedení na určitý časový úsek.

Poptávka po přeshraniční kapacitě



Obrázek 6: Poptávka po přeshraniční kapacitě, vytvořeno na základě zdroje [5]

Příjmy z aukcí jsou závislé na velikosti dostupných přenosových kapacit dle následující křivky ve tvaru zploštělé paraboly. Zvyšování přenosových kapacit může do určitého bodu zvyšovat příjem z aukcí přeshraničních kapacit, [5] poté dochází k jejich snižování až do uspokojení 100% poptávky. Pokud by nabízená kapacita byla větší než poptávaná, byly by příjmy z aukce přeshraničních kapacit nulové.



Obrázek 7: Příjmy z aukcí přeshraničních kapacit, vytvořeno na základě zdroje [5]

Dle grafu po uspokojení zhruba 40% poptávky by se začaly příjmy z aukcí snižovat. Provozovatelům přenosových soustav se nyní vyplatí stavět nová přeshraniční vedení jen v případě, že by po jejich zprovoznění došlo ke zvýšení příjmů. Tato křivka platí pro příjem monopolu při klesající poptávce ve tvaru S-křivky.

3 Plánovaný rozvoj PS ČR

Společnost ČEPS má ze zákona povinnost spravovat a renovovat přenosovou soustavu České republiky. Rozvoj přenosové soustavy a zvyšování přenosové kapacity musí odpovídat očekávanému nárůstu spotřeby elektrické energie a také požadavkům výrobců na vyvedení výkonu z jejich zdrojů. Mezistátní spolupráce je dalším důležitým faktorem, resp. dodržení mezistátních smluv a zohlednění požadavků na mezinárodní propojení. [9]

3.1 Desetiletý plán rozvoje sítě

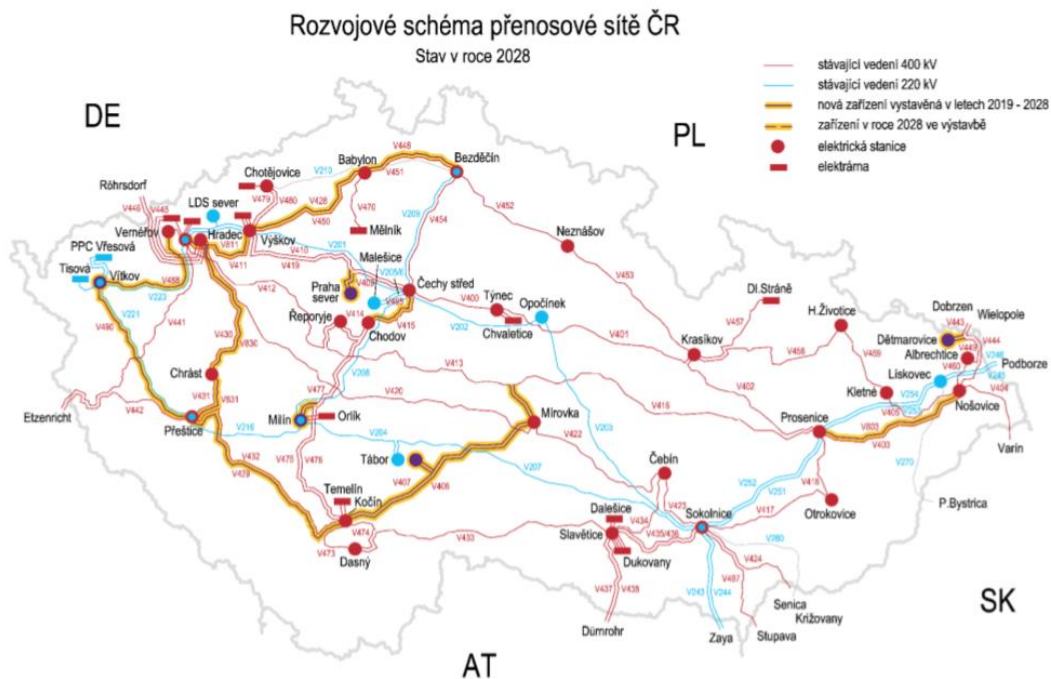
Plán posílení a stabilizace přenosové soustavy je zveřejňován vždy ve výhledu 10 let. Tento plán rozvoje schvaluje Energetický regulační úřad. [8] Celoevropský desetiletý plán rozvoje sítě (TYNDP) zveřejňuje ENTSO-E jako aktualizovaný desetiletý plán rozvoje sítě každé 2 roky. První plán TYNDP byl zveřejněn v roce 2010. Na budoucím vývoji sítě se podílí na 200 odborníků v celé Evropě a společně zvažují různé scénáře, jak by mohl energetický systém vypadat v následujících 10 až 20 letech, aby vyhověl všem požadavkům na přenos. TYNDP je jediným základem pro výběr projektů společného zájmu, dále PCI. [12]

PCI jsou definovány jako projekty, které napomáhají k dosažení definovaných evropských cílů (např. snížení emisí skleníkových plynů, zvýšení podílu obnovitelné energie v konečné spotřebě a zvýšení energetické účinnosti) a přispívají k bezpečnosti provozu celé propojené soustavy. ENTSO-E nejdříve na základě uveřejněné metodiky vyhodnotí přínosy projektů a ty jsou poté Evropskou komisí zařazeny na seznam projektů společného zájmu. Dále výkonná agentura pro inovace a sítě (INEA) v rámci struktury Evropské komise uzavře s provozovateli PS smlouvy o poskytnutí dotačních prostředků. Krom peněžní podpory mají také projekty uznané jako PCI výhodu rychlejšího schvalovacího řízení [9]

3.2 Plán rozvoje PS ČR 2019-2028

ČEPS aktuálně plánuje rekonstrukci a zdvojení některých vedení, stavbu nových vedení a nových rozvodů.²

² Tabulka všech investičních akcí je uvedena v příloze na stranách 43 – 44.



Obrázek 8: Rozvojové schéma PS ČR - stav v roce 2028 [9]

Pro cíle této bakalářské práce je nejdůležitější stavba a posílení následujících vedení:

- Verněřov – Vítkov, nové dvojité vedení 400 kV
- Vítkov – Přeštice, nové dvojité vedení 400 kV
- Přeštice – Kočín, zdvojení stávajícího vedení 400 kV
- Hradec – Chrást, zdvojení stávajícího vedení 400 kV
- Chrást – Přeštice, zdvojení stávajícího vedení 400 kV

Projekty Verněřov – Vítkov, Vítkov – Přeštice a Přeštice – Kočín patří mezi PCI.

Uvedené stavby a posílení vedení by po připojení k jedné z navrhovaných tras v následující kapitole vytvořily silný koridor pro přenos výkonu mezi Německem a Rakouskem přes naše území. Toto propojení by bylo dalším krokem k vytvoření společné evropské elektrizační sítě a zajistilo by dodávku elektrické energie při stále zvyšující se spotřebě.

4 Varianty zvýšení přenosové schopnosti PS ČR ve směru Německo – Rakousko

V osmdesátých letech byla zvažována stavba stejnosměrné spojky jižní Čechy – Linz, která měla rozšířit spolupráci států RVHP s Rakouskem a dalšími státy UCPTÉ. [3] Po roce 1989 byla snaha synchronně se připojit na soustavu UCPTÉ a možnosti propojení ČR a Rakouska se dále nerozvíjely.

Plánované vnitřní posílení přenosové schopnosti v severních, západních a jižních Čechách by mohlo být využito pro nové přeshraniční vedení propojující Česko s Rakouskem. Možné posílení PS ČR je skrz propojení rozveden Dasný a Kočín a Rakouska. Tato kapitola se zabývá zvýšením přenosové schopnosti tras vedení přenosové soustavy České republiky v její jižní části za účelem zamezení přetěžování středu přenosové soustavy.



Obrázek 9: Výřez mapy evropských přenosových sítí ENTSO-E [11]

4.1 Navrhované trasy propojení ČR a Rakouska

První varianta navrhuje postavení nového dvojitého vedení 400 kV v trase Dasný – Ernsthofen. Druhá varianta nabízí postavení nového dvojitého vedení 400 kV nejlépe v koridoru nynějšího vedení 100kV Dasný – Lipno a přímé kabelové propojení z Lipna do rakouského města Aschach. Tunelové propojení Lipno – Aschach by sloužilo pro umístění podzemního vedení, ale také by bylo součástí přečerpávací vodní elektrárny (PVE) Lipno - Dunaj. Dále z města Aschach by nové 380 kV vedení pokračovalo paralelně vedle stávajícího dvojitého vedení 220 kV a napojilo se do již stávající trasy vedení 380 kV St. Peter – Ernsthofen.

Projekt PVE Lipno – Dunaj je nyní pouze ve fázi nedokončené studie proveditelnosti. Kromě akumulace energie a schopnosti regulace by tato PVE dokázala kontrolovat vodní stavy v nádrži Lipno a v Dunaji, čímž by byla nápomocná v období sucha nebo záplav. Navrhované uspořádání je vybaveno čtyřmi reverzibilními turbosoustrojímí o výkonu 4 x 250 MW. Z tohoto důvodu je vhodné k variantě Dasný – Lipno – Aschach připojit také novou rozvodnu 400 kV na Lipně. Všechny dosavadní studie a expertízy ukazují na reálnou proveditelnost projektu. Geologické podmínky jsou příznivé a míchání vod, ačkoliv jsou jiné kvality, nijak neohrožuje vody v Dunaji či v nádrži Lipno. [17]

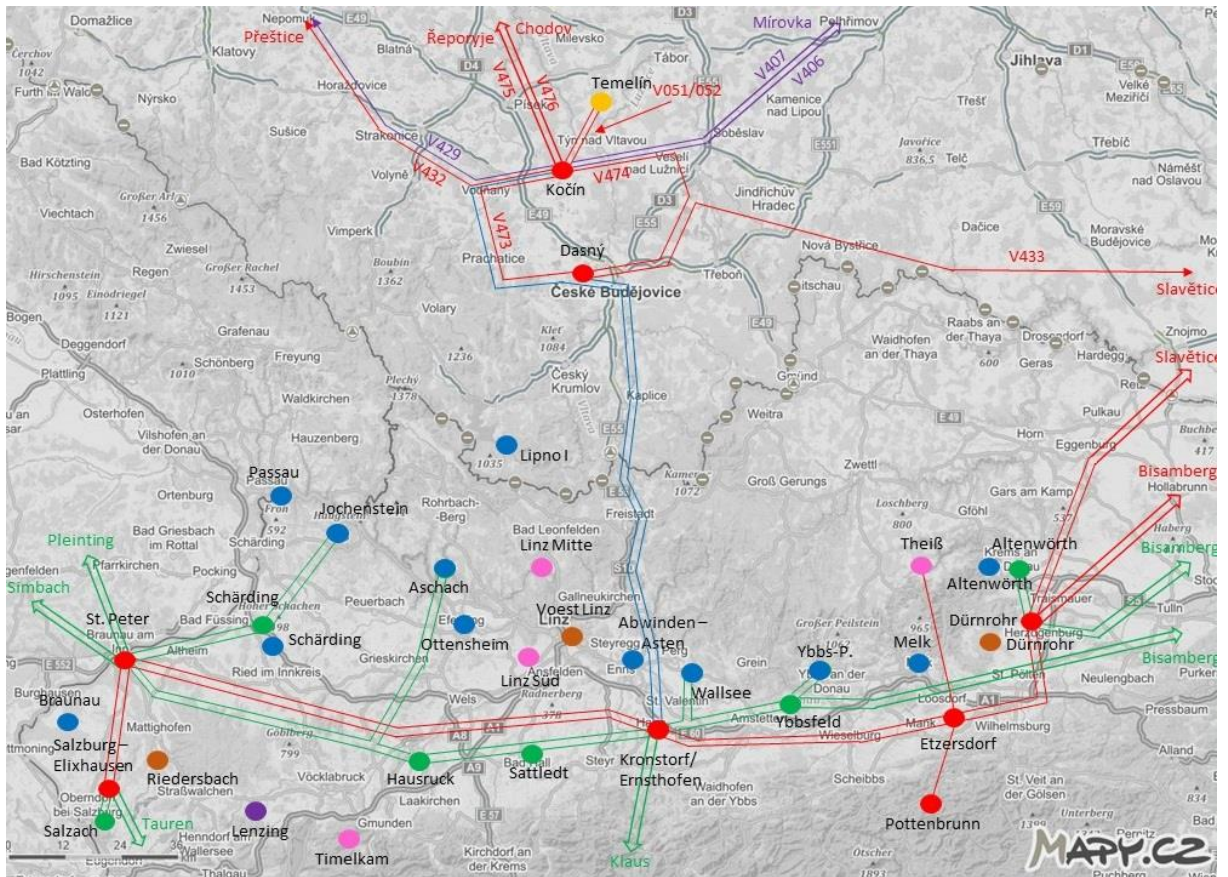
Nově se objevuje také možnost stavby PVE Lipno – Jochenstein. Zde je podzemní potrubí pouze o 3 km delší, ostatní parametry jsou zachovány [18]. V této bakalářské práci budu pracovat s původním návrhem PVE Lipno – Aschach.

Obě trasy počítají s novým jednoduchým vedením 400 kV Kočín – Dasný v trase stávajícího vedení. Navrhované jednoduché vedení není se stanicí Dasný propojeno a pokračuje dále v trase 400kV jako jedna z větví nově navrhovaných vedení.

4.1.1 Varianta 1: Trasa Dasný – Ernsthofen

Trasa dvojitého vedení 400kV Dasný – Ernsthofen by pokračovala z rozvodu Kočín a Dasný podél silnice E55/dálnice A7. Vedení by bylo projektované podle terénních a pozemkových možností v dané oblasti trasy, přiložená mapa trasy je jen orientační.

Délka vedení: jednoduché vedení 400 kV Kočín – Dasný 36 km, dvojitě vedení Dasný – rakouské hranice 50 km, dále hranice - Ernsthofen 70 km. Celková délka trasy: 156 km.



Obrázek 10: Mapa navrhované trasy Dasný – Erntshofen, úprava zdroje [19]

Vysvětlivka mapy:

- | | |
|--|--|
| oranžová – jaderná elektrárna | hnědá – uhelná elektrárna |
| růžová – plynová elektrárna | modrá – vodní elektrárna |
| fialová - elektrárna na biomasu | červená – rozvodna 400 kV nebo 380 kV |
| zelená – rozvodna 220 kV | červené linky – vedení 400 kV nebo 380 kV |
| zelené linky – vedení 220kV | modré linky – navrhované vedení 400 kV nebo 380 kV |
| kV | |
| fialové linky – plánované vedení společnosti ČEPS 400 kV | |

4.1.2 Varianta 2: Trasa Dasný – Lipno – Aschach

Tato trasa plánuje nové dvojité vedení 400 kV podél stávajícího vedení 110kV Dasný – Lipno. Dále by vedení přecházelo do kabelového vedení Lipno – Aschach. Na rakouské straně se jako nejlepší varianta jeví stavba nového dvojitého vedení 380 kV paralelně vedle stávajícího dvojitého vedení 220 kV a zasmyčkování do již stávajícího 380 kV vedení St. Peter – Erntshofen. U PVE Lipno by byla vhodná výstavba nové rozvodny 400 kV, jelikož by přečerpávací elektrárna poskytovala výkon 4 x 250MW [17].

Část trasy vedení Dasný – Lipno lze provést ve třech variantách. První varianta navrhuje stavbu nového dvojitého 400 kV vedení, druhá varianta navrhuje výměnu stožárů a vést obě vedení v jednom koridoru, třetí varianta navrhuje přestavbu stávajících 110kV vedení na 400kV. Jako nejlepší varianta se jeví druhá varianta. Vedení 110kV zajišťuje start ze tmy JE Temelín díky VE Lipno 1, a je tedy potřeba ho zachovat.

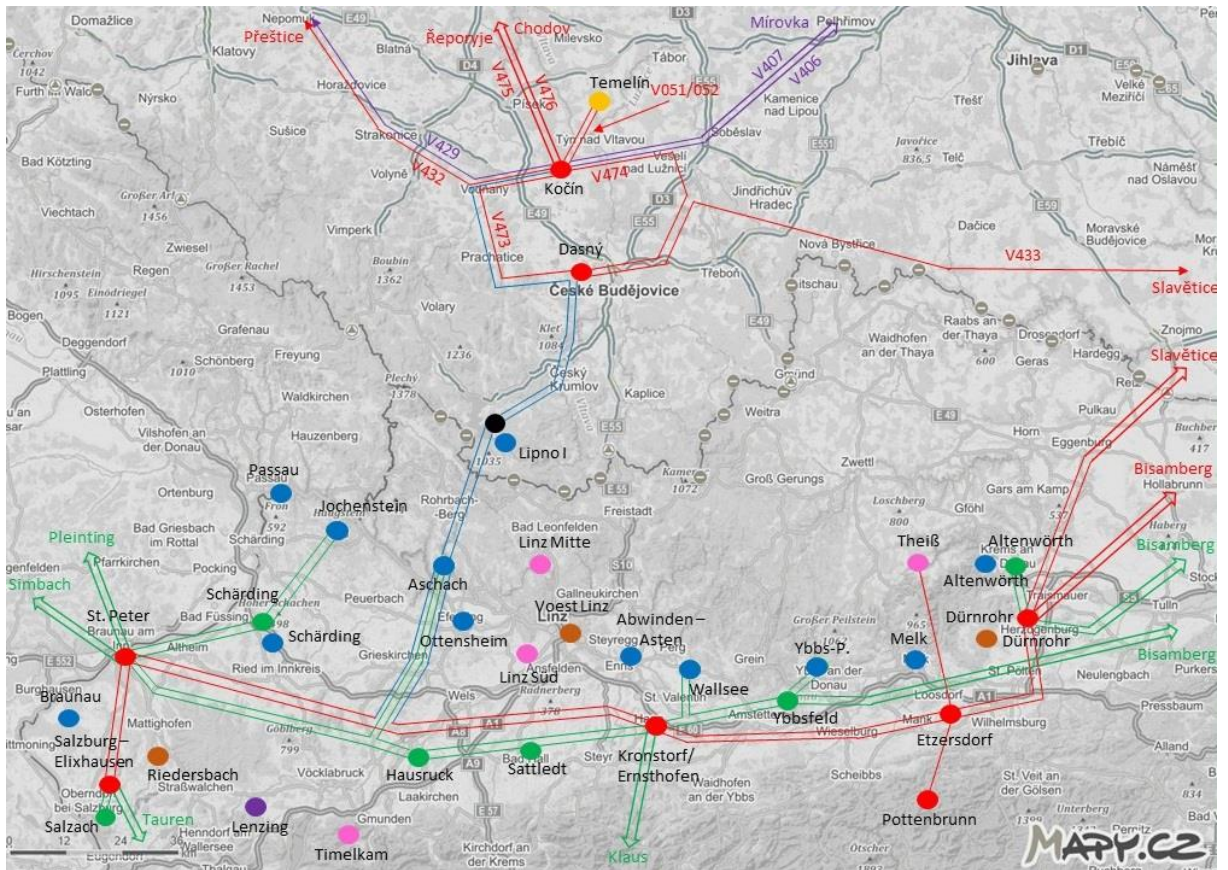
Také část trasy Aschach – St. Peter/Ernsthofen umožňuje provedení v několika variantách, a to

- 1) rekonstrukcí vedení 220 kV na 380 kV a připojením do jednoho potahu 380 kV St. Peter – Ernsthofen,
- 2) rekonstrukcí vedení 220 kV na 380 kV po celé délce jednoho potahu z St. Peter do Ernsthofenu nebo
- 3) stavbou nového vedení 380 kV vedeného paralelně s dosavadním 220 kV vedením a zapojení do stávajícího vedení 380 kV St. Peter – Ernsthofen. Vedení 220 kV by zůstalo beze změny.

Nejlepší se jeví třetí varianta z důvodu zachování 220 kV vedení a menší nákladové náročnosti stavby.

Dvojité vedení by bylo zcela propojené po celé trase bez nutnosti stavby dalších transformačních stanic.

Délka vedení: jednoduché vedení 400 kV Kočín – Dasný 36 km, dvojité vedení 400 kV Dasný - Lipno 68 km, kabelové vedení Lipno – Aschach 27 km, dále dvojité vedení 380 kV na rakouské straně Aschach – zasmyčkování St. Peter/Ernsthofen 40 km. Celková délka trasy: 171 km.



Obrázek 11: Mapa navrhované trasy Dásný - Lipno – Aschach, úprava zdroje [19]

Vysvětlivka mapy:

oranžová – jaderná elektrárna

růžová – plynová elektrárna

fialová - elektrárna na biomasu

zelená – rozvodna 220 kV

červené linky – vedení 400 kV nebo 380 kV

modré linky – navrhované vedení 400 kV nebo 380 kV

fialové linky – plánované vedení společnosti ČEPS 400 kV

hnědá – uhelná elektrárna

modrá – vodní elektrárna

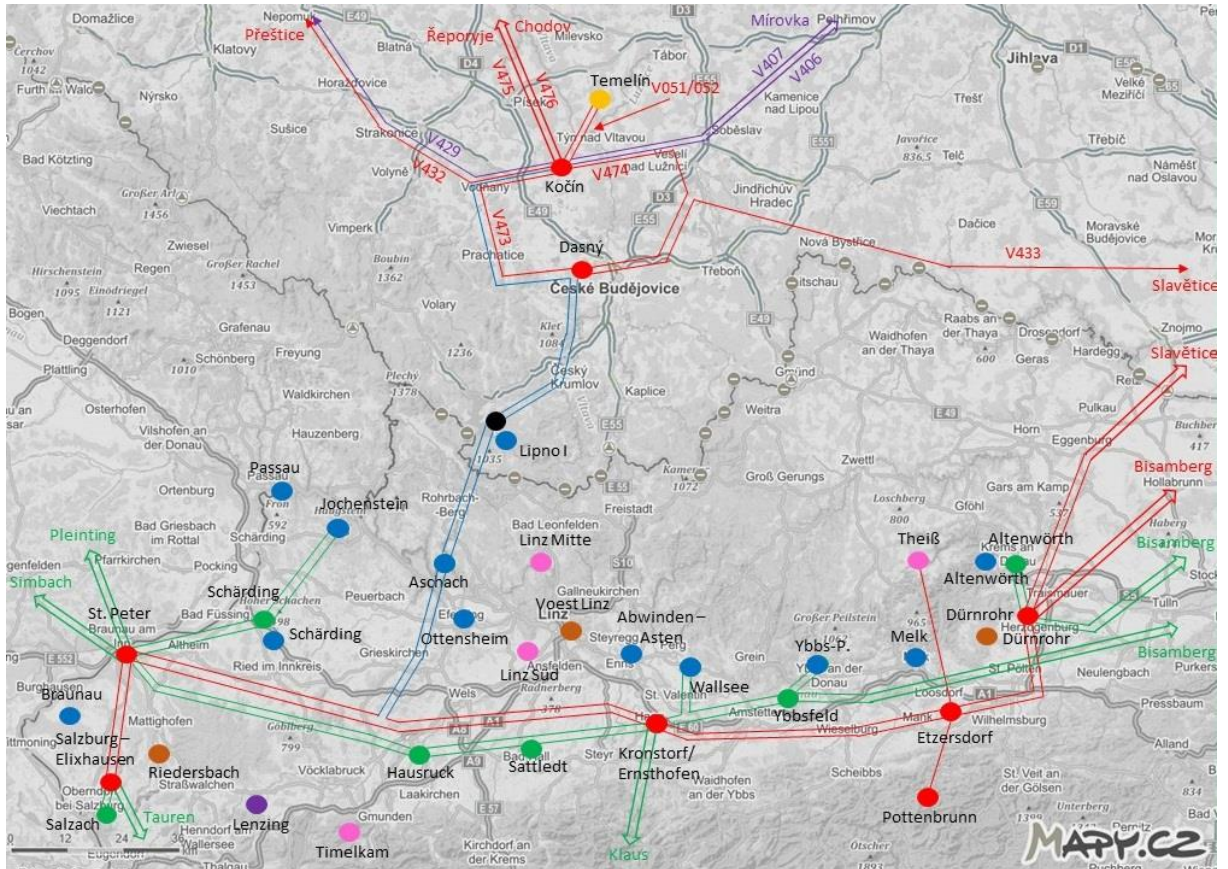
červená – rozvodna 400 kV nebo 380 kV

černá – nová rozvodna 400 kV

zelené linky – vedení 220kV

4.1.3 Varianta 2: Subvarianty

Varianta 2 nabízí již zmíněné subvarianty stavby vedení 380 kV. První subvarianta navrhuje přestavbu stávajícího 220 kV vedení na 380 kV vedení a připojení do jednoho potahu 380 kV St. Peter – Ernsthofen.



Obrázek 12: Subvarianta trasy 2, stavba nového vedení 380 kV v koridoru vedení 220 kV a připojení do jednoho potahu 380 kV St. Peter – Ernsthofen, úprava zdroje [19]

Vysvětlivka mapy:

oranžová – jaderná elektrárna

hnědá – uhelná elektrárna

růžová – plynová elektrárna

modrá – vodní elektrárna

fialová - elektrárna na biomasu

červená – rozvodna 400 kV nebo 380 kV

zelená – rozvodna 220 kV

černá – nová rozvodna 400 kV

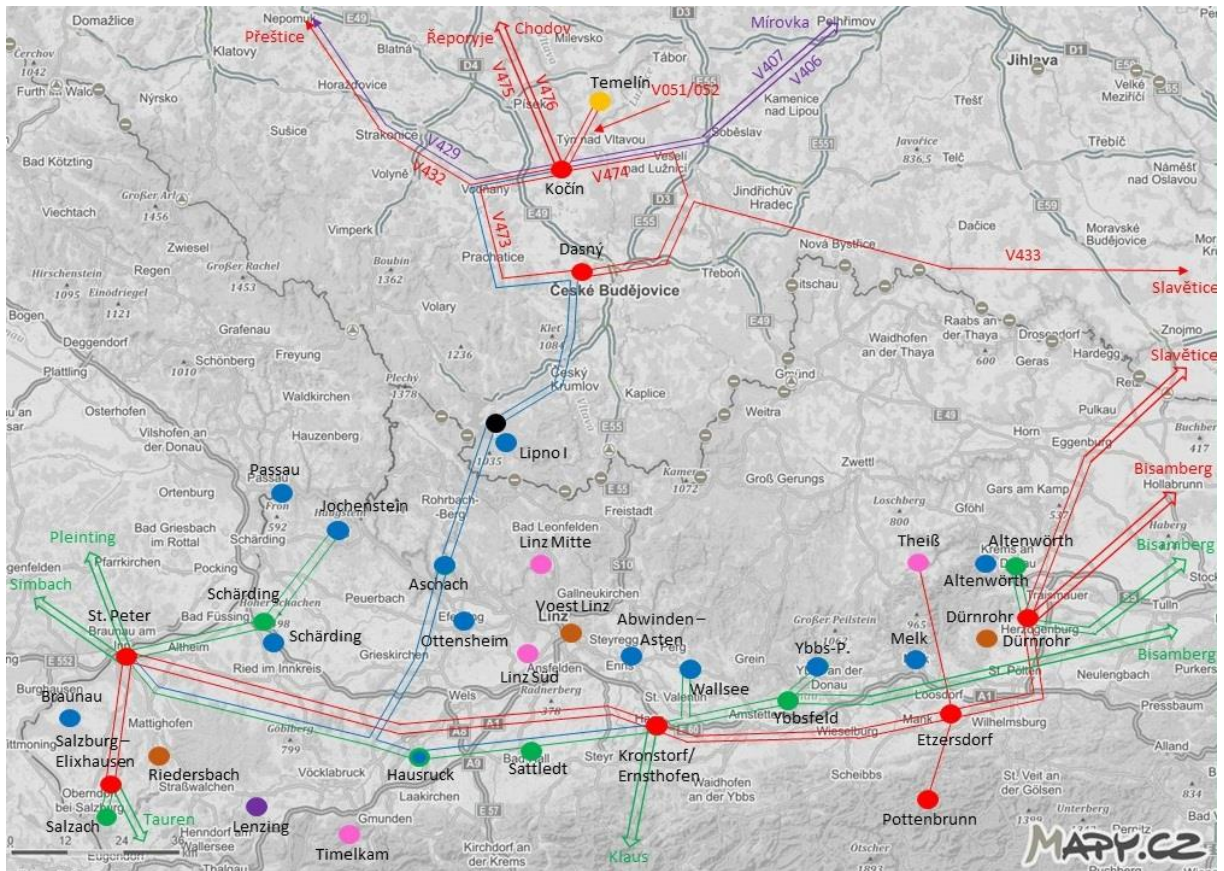
červené linky – vedení 400 kV nebo 380 kV

zelené linky – vedení 220kV

modré linky – navrhované vedení 400 kV nebo 380 kV

fialové linky – plánované vedení společnosti ČEPS 400 kV

Další subvarianta projektuje rekonstrukci vedení 220 kV na 380 kV po celé délce jednoho potahu z St. Peter – Ernsthofen.



Obrázek 13: Subvarianta trasy 2 přestavba vedení 220 kV na vedení 380 kV po celé délce, úprava zdroje [19]

Vysvětlivka mapy:

oranžová – jaderná elektrárna

hnědá – uhelná elektrárna

růžová – plynová elektrárna

modrá – vodní elektrárna

fialová - elektrárna na biomasu

červená – rozvodna 400 kV nebo 380 kV

zelená – rozvodna 220 kV

černá – nová rozvodna 400 kV

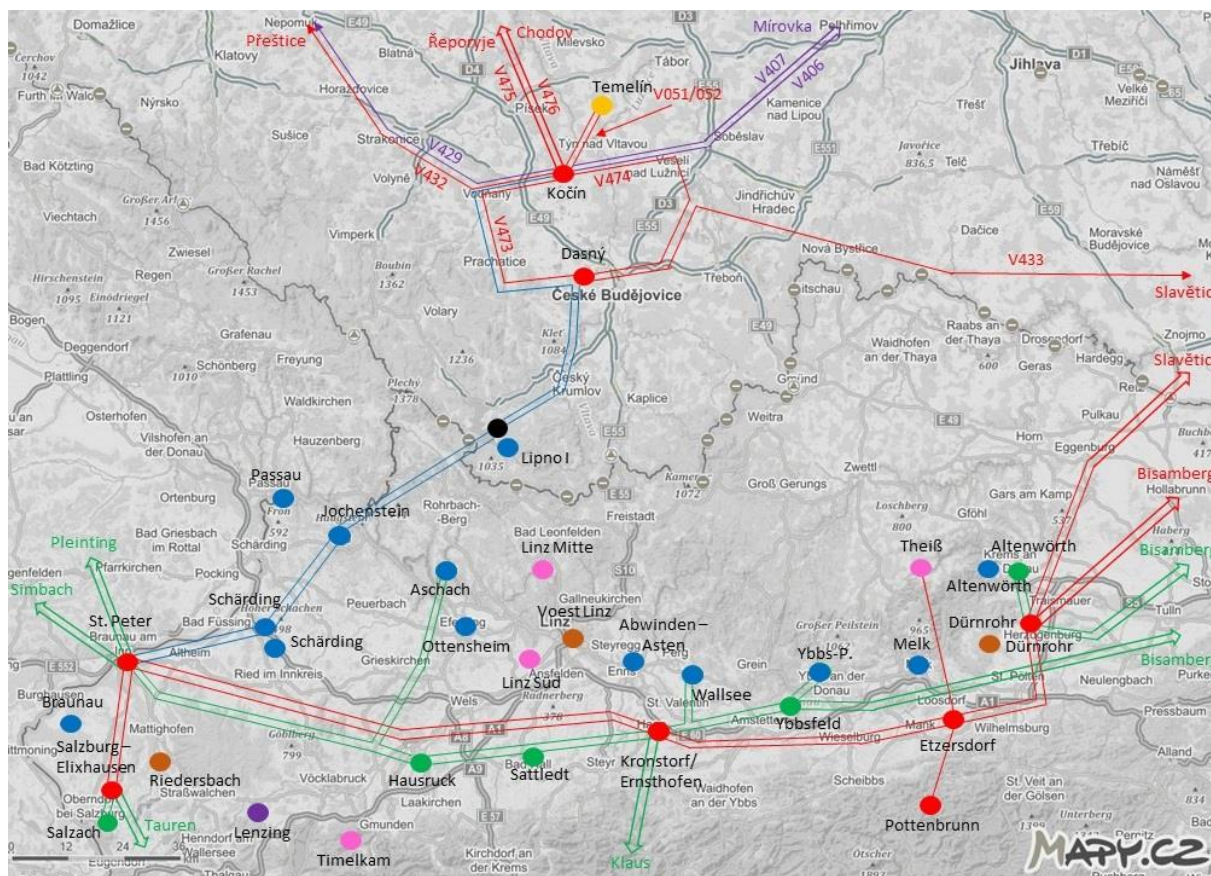
červené linky – vedení 400 kV nebo 380 kV

zelené linky – vedení 220kV

modré linky – navrhované vedení 400 kV nebo 380 kV

fialové linky – plánované vedení společnosti ČEPS 400 kV

Další subvarianta uvádí propojení PVE Lipno – Jochenstein namísto PVE Lipno – Aschach. Na trase Jochestein – St. Peter jsem zvolila možnost úplného nahrazení 220 kV vedení vedením 380 kV.



Obrázek 14: Subvarianta trasy 2, trasa Dasný - Lipno – Jochestein, rekonstrukce dosavadních 220 kV vedení Jochenstein – St. Peter na 380 kV, úprava zdroje [19]

Vysvětlivka mapy:

- | | |
|--|---------------------------------------|
| oranžová – jaderná elektrárna | hnědá – uhelná elektrárna |
| růžová – plynová elektrárna | modrá – vodní elektrárna |
| fialová - elektrárna na biomasu | červená – rozvodna 400 kV nebo 380 kV |
| zelená – rozvodna 220 kV | černá – nová rozvodna 400 kV |
| červené linky – vedení 400 kV nebo 380 kV | zelené linky – vedení 220kV |
| modré linky – navrhované vedení 400 kV nebo 380 kV | |
| fialové linky – plánované vedení společnosti ČEPS 400 kV | |

5 Ekonomické vyhodnocení navržených variant

Vzhledem ke stejné přenosové schopnosti navrhovaných tras vedení ve variantě 1 a ve variantě 2 mohou být tyto dvě možnosti nákladově porovnány a vyhodnoceny. Stavbou přeshraničního vedení se navýší přenosová schopnost přes českou a rakouskou hranici, a to ovlivní příjmy z aukcí přeshraničních kapacit. V této kapitole bude provedena analýza dopadu na příjmy z aukcí.

5.1 Náklady na jednotlivé trasy

Navrhované trasy jsou různě investičně náročné vzhledem k jejich odlišné délce a různému charakteru vedení (kabelové či nadzemní vedení). Výpočet nákladů varianty Dasný – Ernsthofen je proveden pro dvojitě vedení 400 kV v novém koridoru. Náklady varianty Dasný – Lipno – Aschach jsou spočítány pro stavbu vedení v již stávajících koridorech a zároveň s částí trasy, která je řešena kabelovým vedením.

Cena kabelového vedení je uvedena včetně pokládky. Cena dvojitě nadzemního vedení zahrnuje všechny komponenty (fázové a zemní vodiče, izolátory, stožáry donau) a náklady na předchozí studie. Jsou uvedeny dvě ceny: pro nový koridor a pro stavbu v již stávajícím koridoru. Cena za dvě pole pro zaústění dvojitě linky 400 kV je uvedena jako cena dvou polí k již postavené rozvodně typu 2H+P, rozvodna v ní není zahrnuta.

Kabelové vedení 2x400 kV [mil. Kč/km]	175
Nadzemní vedení 2x400 kV – nový koridor [mil. Kč/km]	33
Nadzemní vedení 2x400 kV – stávající koridor [mil. Kč/km]	24
Nadzemní vedení 400 kV – stávající koridor [mil. Kč/km]	20
Dvě pole pro zaústění linky 2x400 kV [mil. Kč]	90 - 100

Tabulka 2: Ceny vedení 2x400 kV a polí pro zaústění 2x400 kV, zdroj: společnost ČEPS

Část jednoduchého vedení mezi rozvodnami Kočín – Dasný je míněna jako stavba v již stávajícím koridoru s využitím stožárů dvojitě (čtyřnásobného) vedení 400 kV.

5.1.1 Varianta 1

Návrh trasy Dasný – Ernthofen zahrnuje zcela nový koridor, což má za následek vyšší celkové náklady na část trasy dvojitého nadzemního vedení. Tabulka uvádí délku nadzemního vedení, měrné výdaje nadzemního vedení na km a celkové investice trasy 1.

Délka vedení 400 kV [km]	36
Délka vedení 2x400 kV [km]	120
Měrné výdaje vedení 400 kV [mil. Kč/km]	20
Měrné výdaje vedení 2x400 kV [mil. Kč/km]	33
Investiční výdaje vedení 400 kV [mil. Kč]	720
Investiční výdaje vedení 2x400 kV [mil. Kč]	3 960
Celkové investice trasy 1 [mil. Kč]	4 680

Tabulka 3: Celkové náklady na trasu 1, zdroj: vlastní zpracování

5.1.2 Varianta 2

Část trasy Dasný – Lipno – Aschach s nadzemním vedením se staví v již stávajících koridorech následujících tras vedení: 110 kV Dasný – Český Krumlov – Lipno, 220 kV Aschach – St. Peter a 220 kV Aschach – Ernthofen, což stavbu této varianty zlevňuje.

Tabulka uvádí délku nadzemního a kabelového vedení, měrné náklady nadzemního a kabelového vedení na km a celkové investice trasy 2.

Délka vedení 400 kV [km]	36
Délka vedení 2x400 kV [km]	108
Délka kabelu 2x400 kV [km]	27
Měrné výdaje vedení 400 kV [mil. Kč/km]	20
Měrné výdaje vedení 2x400 kV [mil. Kč/km]	24
Měrné výdaje kabelu 2x400 kV [mil. Kč/km]	175
Investiční výdaje vedení 400 kV [mil. Kč]	720
Investiční výdaje vedení 2x400 kV [mil. Kč]	2 592
Investiční výdaje kabelu 2x400 kV [mil. Kč]	4 725
Celkové investice trasy 2 [mil. Kč]	8 037

Tabulka 4: Celkové náklady na trasu 2, zdroj: vlastní zpracování

5.2 Nákladové porovnání

Následující porovnání investic srovnává navrhované varianty vedení Česko – Rakousko. Varianta 1 popisuje trasu Dasný – Ernthofen, varianta 2 popisuje trasu vedení Dasný – Lipno – Aschach.

Varianta	Celkové investice trasy [mld Kč]
Varianta 1	4,680
Varianta 2	8,037

Tabulka 5: Nákladové porovnání navrhovaných variant, zdroj: vlastní zpracování

Méně nákladná je varianta 1, a to i přesto, že její stavba je plánována v novém koridoru. Varianta 1 je ovšem oproti variantě 2 kratší a zahrnuje pouze nadzemní vedení. Delší trasa a kombinace nadzemního a kabelového vedení zvyšuje náklady varianty 2. Pokud by se ale do nákladů přidaly další části PVE Lipno (rozvodna 400 kV, pole pro zaústění vedení, náklady na hloubení tunelu), mohly by se náklady varianty 2 vyšplhat citelně výše.

Do nákladů obou variant by bylo možné započítat pole pro zaústění dvojité linky 400 kV. Musela by se rozšířit pole pro zaústění v rozvodnách Kočín a Dasný a Ersthofenu (Ersthofenu a St. Peteru). Investice by se tedy zdražily odhadem o 200 mil. Kč (o dalších 100 mil. Kč při zaústění vedeny do rozvodny u PVE Lipno). Pro porovnání investic nejsou tyto výdaje důležité, jelikož by byly pro obě varianty stejné, a proto nebyly do výpočtu zahrnuty.

Po porovnání délky trasy a její investiční náročnosti lze zjistit, že trasa 2 je oproti trase 1 na kilometr linky 1,6 krát dražší.

Měrné výdaje trasy 1 [mil Kč/km]	30
Měrné výdaje trasy 2 [mil Kč/km]	47

Tabulka 6: Měrné výdaje tras, zdroj: vlastní zpracování

5.3 Změna příjmů z aukcí přeshraničních kapacit

Příjmy z aukcí přeshraničních kapacit záleží na poptávce v daném momentě a odhad příjmů pro krátkodobé aukce je takřka nemožný. V níže provedené analýze se budu zabývat pouze roční aukcí přeshraniční kapacity a pouze aukcí na profilu Česko – Rakousko. Cena kapacity v roční aukci se vždy soutěží na rok dopředu. Tyto aukce nezahrnují energie, ale pouze prostor pro přenos.

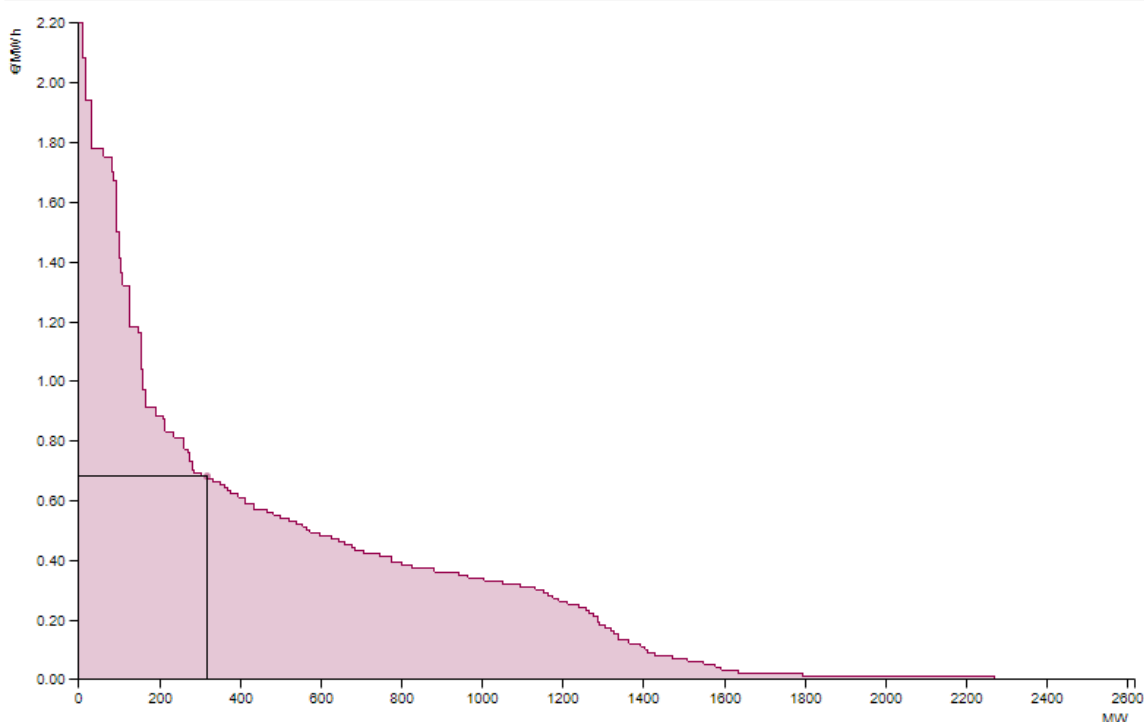
Na česko-rakouském profilu nyní stojí dvojitě vedení 400 kV a dvojitě vedení 220 kV, což odpovídá kapacitě vedení 3,4 GW (2,4 GW dvojitá linka 400 kV a 1 GW dvojitá linka 220 kV). Nynější nabízená kapacita v roční aukci je 300 MW, tuto kapacitu je ČEPS schopen spolehlivě zajistit po dobu celého roku. Kapacita 300 MW je 8,8 % z celkové kapacity na hranici. Pokud by se kapacita na hranici zvýšila o 2,4 GW, po odečtení rezerv by se také zvýšila kapacita vyhrazená pro roční aukci. Zvýšení této kapacity jsem spočítala jako 8,8 % z nově celkové kapacity.

	Celková kapacita [GW]	Kapacita pro roční aukci [MW]
Nyní	3,4	300
Po zvýšení	5,8	512

Tabulka 7: Zvýšení kapacity přidělené pro roční aukci po stavbě nového dvojitého vedení 400 kV, zdroj: vlastní zpracování

Příjmy z aukce přeshraničních kapacit jsou rozděleny napůl mezi provozovatele PS států na hranici, v tomto případě tedy mezi ČEPS a APG. Cena za MW na hranici Česka – Rakouska v roční aukci pro rok 2020 ve směru Česko – Rakousko je 0,68 €/MWh, cena ve směru Rakousko – Česko je 0,80 €/MWh (cena za rezervu 1 MW kapacity na 1 hodinu).

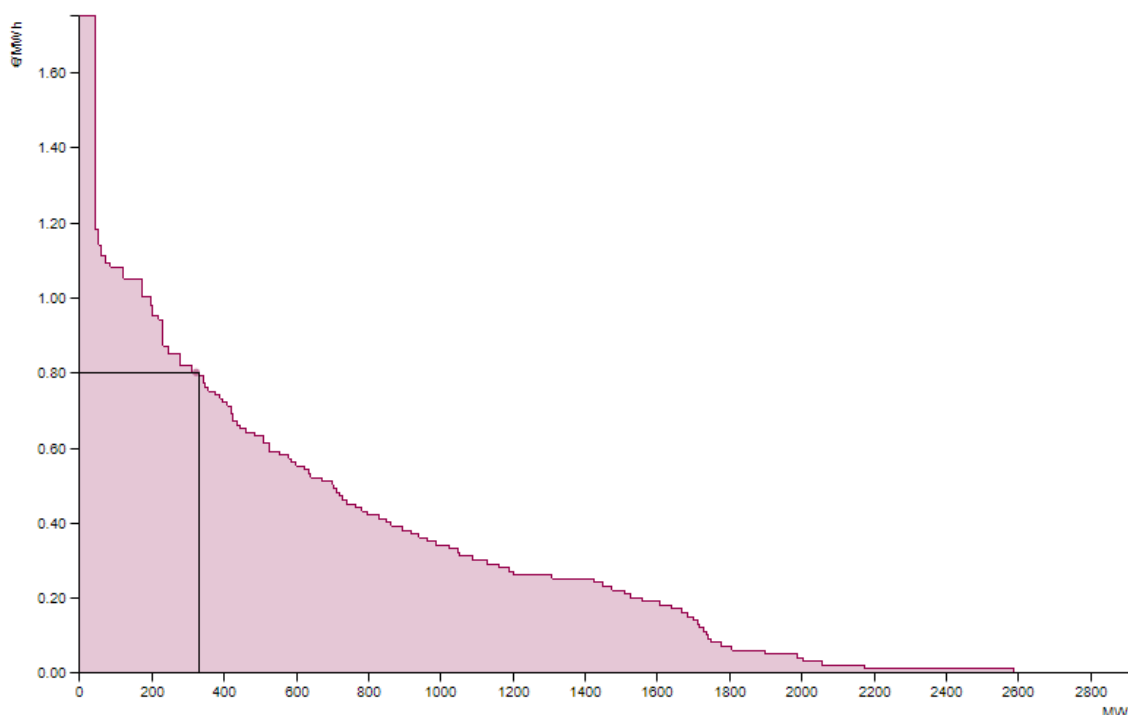
Poptávková křivka: roční aukce kapacit na hranici Česko - Rakouskou pro rok 2020



Obrázek 15: Poptávková křivka - roční aukce kapacit na hranici Česko – Rakousko pro rok 2020 [13]

Cena za MW ve směru Česko – Rakousko, pokud by kapacita pro roční aukci v tomto roce byla 512 MW, lze vyčíst z grafu: 0,54 €/MWh.

Poptávková křivka: roční aukce kapacit na hranici Rakousko - Česko pro rok 2020



Obrázek 16: Poptávková křivka - roční aukce kapacit na hranici Rakousko – Česko pro rok 2020 [13]

Cena za MW ve směru Rakousko – Česko, pokud by kapacita pro roční aukci v tomto roce byla 512 MW, lze vyčíst z grafu: 0,61 €/MWh.

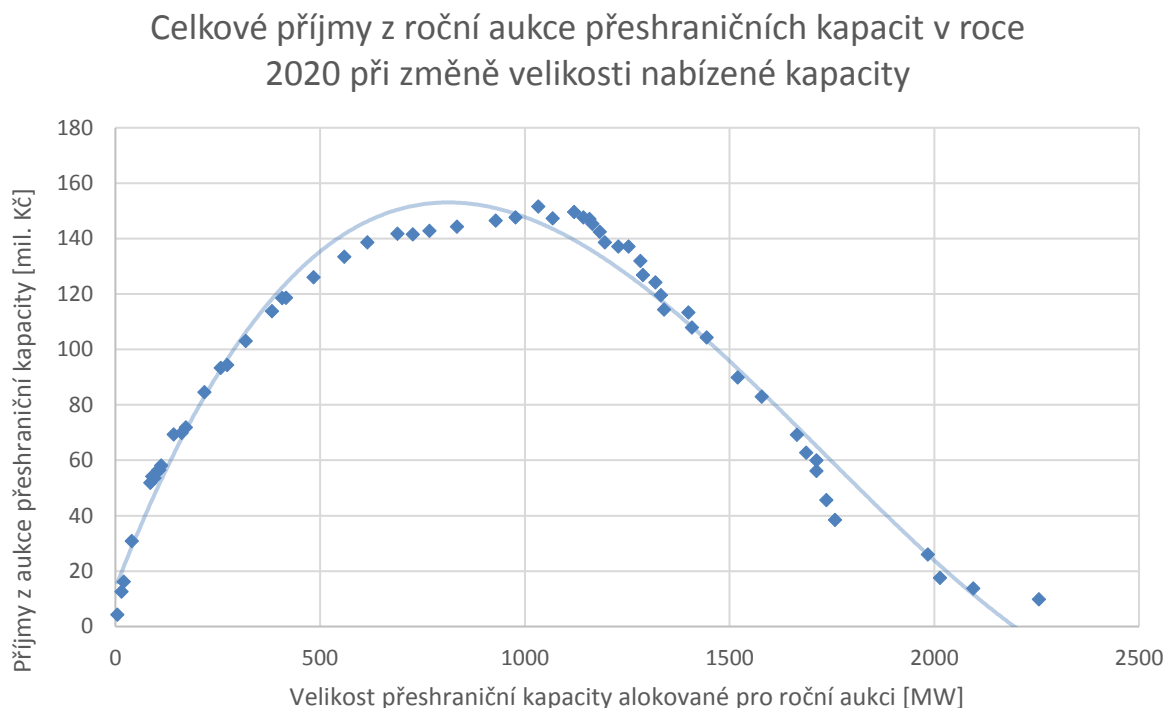
Nyní lze dopočítat zvýšení/snížení příjmů z roční aukce kapacit v roce 2020, pokud by bylo postaveno nové dvojitě přeshraniční vedení 400 kV.

Kapacita pro roční aukci nyní [MW]	300
Kapacita pro roční aukci po zvýšení [MW]	512
Cena za MW ČR – AUS nyní [€/MWh]	0,68
Cena za MW ČR – AUS po zvýšení [€/MWh]	0,54
Cena za MW AUS – ČR nyní [€/MWh]	0,80
Cena za MW AUS – ČR po zvýšení [€/MWh]	0,61
Počet hodin v roce [h]	8760
Celkové příjmy nyní [mil. Kč]	97,24
Celkové příjmy po zvýšení [mil. Kč]	128,95
Příjmy společnosti ČEPS nyní [mil. Kč]	48,62
Příjmy společnosti ČEPS po zvýšení [mil. Kč]	64,47

Tabulka 8: Změna příjmů společnosti ČEPS z roční aukce přeshraničních kapacit pro rok 2020 po zvýšení přeshraniční kapacity o 2,4 GW, zdroj vlastní zpracování

Z tabulky můžeme vyčíst, že by se příjmy z roční aukce přeshraničních kapacit v tomto roce zvýšily. Nacházíme se v rostoucí části zploštělé paraboly a příjmy z ročních aukcí přeshraničních kapacit mají ještě možnost růst.

Není jisté, zda by se po vystavění dvojitého přeshraničního vedení 400 kV alokovaná kapacita pro roční aukce zvýšila přesně na 512 MW. Kolik může ČEPS uvolnit kapacity pro roční aukce, závisí na stavu celé synchronní soustavy. Příjmy na profilu Česko – Rakousko, pokud by se uvolnilo pro tento rok méně nebo více kapacity pro roční aukci, ukazuje následující graf.



Obrázek 17: Příjmy z roční aukce přeshraničních kapacit v roce 2020 při změně velikosti nabízené kapacity, úprava dat z [13]

Příjmy v grafu jsou tvořeny příjmy z obou směrů. Nejvyšší celkové příjmy z roční aukce jsou pro velikost kapacity cca 1033 MW (dělají zde 152 mil. Kč). Za předpokladu, že další roky bude poptávka po ročních přeshraničních kapacitách stejná nebo vyšší, by i po stavbě navrhovaného vedení zůstal prostor pro navyšování příjmů z ročních aukcí kapacit navyšováním přeshraniční kapacity stavbou nového přeshraničního vedení.

5.4 Porovnání navýšení příjmů z aukcí s anuitní hodnotou navrhovaných variant

Stavbou navrhovaného přeshraničního vedení by se celkové příjmy z ročních aukce přeshraničních kapacit pro oba směry pro rok 2020 na profilu Česko-Rakousko zvýšily asi o 32 mil. Kč. Porovnání s anuitní hodnotou investic do navrhovaných tras vedení ukazuje, jak si stojí roční ekvivalentní hodnota investic oproti příjmům z ročních aukcí.

Nejsou zde ovšem zahrnuty další zvýšení příjmů z čtvrtletních a z krátkodobých aukcí a zvednutí regulační báze aktiv a tím i zvýšení zisku provozovatelů přenosových soustav.

Celkové příjmy nyní [mil. Kč]	97,24
Celkové příjmy po zvýšení [mil. Kč]	128,95
Navýšení celkových příjmů [mil. Kč]	31,71

Tabulka 9: Zvýšení celkových příjmů z roční aukce přeshraničních kapacit pro česko-rakouský profil, oba směry, zdroj: vlastní zpracování

Výpočet anuitní hodnoty investic (AHI) navrhovaných variant jsem vypočetla podle vzorce.

$$AHI = IN * \frac{(1 + r)^t \cdot r}{(1 + r)^t - 1}$$

Kde:

t = životnost projektu (investice)

r = diskontní sazba

IN = investice.

Investice se po vynásobení anuitním faktorem rovnoměrně rozdělí do jednotlivých let po celou dobu životnosti projektu.

Anuitní hodnoty investic navrhovaných variant jsou uvedeny v tabulce níže. Životnost projektu je uvažována jako životnost postaveného vedení: 40 let. Diskontní sazbu jsem převzala ze zásad cenové regulace ERÚ, která uplatňuje jako míru výnosnosti investice v elektroenergetice a plynárenství vážený průměr nákladů na kapitál (WACC). Pro období 2016 – 2020 je WACC pro distribuci a přenos před zdaněním 7,95 %. Pro výpočet jsem tuto hodnotu zaokrouhlila a použila diskontní sazbu 8 %.

	Varianta 1	Varianta 2
Investice do varianty [mil Kč]	4680	8037
Tž [roky]	40	40
Diskontní sazba [%]	8	8
Poměrná anuita	0,08386	0,08386
Anuitní hodnota investice [mil Kč]	392,47	673,98

Tabulka 10: Výpočet anuitních hodnot investic do jednotlivých variant, zdroj: vlastní zpracování

Nyní lze porovnat zvýšení příjmů z roční aukce přeshraničních kapacit s anuitní hodnotou investic navrhovaných variant tras vedení.

Navýšení příjmů společnosti ČEPS [mil. Kč]	31,71
Anuitní hodnota investice do varianty 1 [mil Kč]	392,47
Anuitní hodnota investice do varianty 2 [mil Kč]	673,98

Tabulka 11: Porovnání zvýšení příjmů z ročních aukcí přeshraničních kapacit s anuitní hodnotou investic do jednotlivých variant, zdroj: vlastní zpracování

Anuitní hodnota investic se o řád liší oproti příjmům z ročních aukcí (jiné příjmy zahrnuté nejsou). Pokud by tato investice byla realizována, bylo by zapotřebí finanční podpory více států EU. Investice by také možná byla podpořena zařazením mezi PCI projekty. Zcela jistě by se na stavbě vybrané varianty trasy podílel rakouský provozovatel přenosové soustavy.

Závěr

Propojením plánovaných tras společnosti ČEPS a jedné z navrhovaných tras v této práci by vznikl silný koridor pro přenos elektřiny mezi Německem a Rakouskem přes území ČR. Také bezpečnost a spolehlivost přenosu v celém regionu střední Evropy by se zvýšila. Nákladové porovnání navrhovaných variant mělo za cíl určit nejvýhodnější způsob propojení tohoto koridoru. Zároveň by se stavbou nového přeshraničního vedení navýšila přeshraniční přenosová kapacita a vytvořil nový prostor pro mezinárodní obchod s elektřinou. Je zde také možnost navýšení příjmů z aukcí přeshraničních kapacit a tím navýšení kapitálu na následující investice do přenosové soustavy.

Po uskutečnění nákladového porovnání navrhovaných variant se jeví varianta nadzemního vedení Dasný – Ernthofen, která by byla postavena v novém koridoru, jako nejméně nákladná a tudíž nejvýhodnější. Nový koridor by se však mohl projevit jako značná komplikace při plánování a realizaci této trasy vedení. Oproti tomu má trasa Dasný – Lipno – Aschach výhodu, jelikož by byla vedena na české i rakouské straně v již existujícím koridoru. Kabelové vedení je sice velmi nákladné, ovšem eliminuje stavbu dalších nadzemních vedení v již tak husté elektrizační síti. Přidružením PVE Lipno by celý tento projekt poskytoval nejen propojení přenosových soustav dvou zemí, ale také další možnosti zahrnující akumulaci energie, výrobu čisté energie a kontrolu vodních stavů ve vodní nádrži Lipno (a potažmo v řece Vltavě a na Labi) a v řece Dunaji. Projekt přeshraničního vedení by musel být financován oběma stranami, Českou republikou a Rakouskem. Také by bylo možné pokusit se o zařazení tohoto projektu mezi projekty PCI a získat tak další zdroj financování.

Radikálním řešením by byla stavba HVDC vedení Rohsdorf – Ernthofen +-500 kV v dosavadních trasách 400 kV vedení, nad nimi nebo paralelně, a v trase Kočín/Dasný – Ernthofen dle varianty 1. Vznikl by tak pomyslný Süd Link 4, který by přenášel velké výkony z Německa do Rakouska s menšími ztrátami.

Analýza příjmů z roční aukce přeshraničních kapacit v roce 2020 ukázala zvýšení celkových příjmů po stavbě nového přeshraničního vedení. Uvolněná kapacita pro roční aukci byla v tomto případě 8,8 % z celkové nové kapacity na hranici. Při dalším zvyšování kapacity pro roční aukci v roce 2020 by příjmy rostly až do kapacity přibližně 1033 MW. Na české a rakouské hranici je tedy stále prostor pro stavbu nového vedení,

roční příjmy z aukcí by se v této chvíli při stavbě navrhované dvojité linky 400 kV zvýšily.

Porovnáním navýšení příjmů z ročních aukcí přeshraničních kapacit s anuitní hodnotou investic do navrhovaných tras zjišťujeme, že stavba vedení by byla velmi drahá a z pohledu příjmů pouze z ročních aukcí ztrátová. Pro realizaci stavby by bylo třeba zajistit financování dalšími evropskými státy, jelikož se jedná se o projekt důležitý nejen pro přenosové soustavy střední Evropy.

Literatura a informační zdroje

- [1] KUBÍN, Miroslav. Proměny české energetiky. Český svaz zaměstnavatelů v energetice, Praha 2009. ISBN 978-80-254-4524-2
- [2] KUBÍN, Miroslav. Přenosy elektrické energie ČR v kontextu evropského vývoje. Praha: ČEPS, a.s., 2006. ISBN 80-239-7272-3.
- [3] KUBÍN, Miroslav a kolektiv. Rozvoj energetiky v Československu. České energetické závody, Praha 1989.
- [4] VÍTEK, Miroslav. Ekonomika dopravních energetických systémů. 2. vydání. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2008. ISBN 978-80-01-04181-9.
- [5] KOLEKTIV AUTORŮ. Úvod do liberalizované energetiky, Trh s elektřinou. 2. vydání. Praha: Asociace energetických manažerů, 2016. ISBN 978-80-260-9212-4
- [6] CHEMIŠINEC, I. MARVAN, M. NEČESANÝ, J. SÝKORA, T. TŮMA, J. Obchod s elektřinou. 1. vyd. Praha: CONTE spol. s r. o., 2010. 201 s. ISBN 978-80-254-6695-7
- [7] BREALY, R, MYERS, S., MARCUS, A. Teorie a praxe firemních financí. Brno: BizBooks, 2014. ISBN 40978-80-265-0028-5
- [8] Zákon č. 458/2000 Sb. o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon)
- [9] ČEPS, a.s. [online]. [cit. 2019-12-10]. Dostupné z: <http://www.ceps.cz/CZE/Stranky/default.aspx>
- [10] OTE, a.s. [online]. [cit. 2020-05-05]. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/cs>
- [11] ENTSO-E – European Network of Transmission System Operators for Electricity [online]. [cit. 2019-12-10]. Dostupné z: <https://www.entsoe.eu/home/>
- [12] TYNDP – The 10-year network development plan [online]. [cit. 2020-3-15]. Dostupné z: <https://tyndp.entsoe.eu/>
- [13] JAO – Joint Allocation Office [online]. [cit. 2020-3-14]. Dostupné z: <https://www.jao.eu/main>
- [14] *Přetoky elektřiny jsme regulovali každý třetí den. All for Power* [online]. Praha: AF POWER agency, a.s., 2007- [cit. 2020-3-14]. ISSN 1802-8535. Dostupné z: <http://www.allforpower.cz/clanek/pretoky-elektriny-jsme-regulovali-kazdy-treti-den/>
- [15] *Analýza enormních přetoků výkonu z Německa na přelomu roku 2014/2015. O Energetice* [online]. Praha: OM Solutions s.r.o., ©2015 [cit. 2020-3-15]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/analyza-enormnich-pretoku-vykonu-z-nemecka-na-prelomu-roku-20142015>
- [16] *Political Breakthroughs Brighten Outlook for Germany's Grid Expansion. Greentech Media* [online]. Boston: Greentech Media, Inc, ©2019 [cit. 2020-3-20] Dostupné z: <https://www.greentechmedia.com/articles/read/political-breakthroughs-brighten-outlook-for-germanys-grid-expansion>
- [17] *Vznikne pod Lipnem přečerpávací elektrárna Dunaj – Vltava o výkonu 1000MW? PRO-ENERGY magazín* [online]. Praha: ENERGY-HUB s.r.o., 2007- [cit. 2019-12-30]. ISSN 1802-4599. Dostupné z: <https://pro-energy.cz/>

- [18] *Propojí se Dunaj s Vltavou a nahradí tak jeden z plánovaných bloků JE Temelín? Technický týdeník* [online]. Praha: Business Media CZ, 1953- [cit. 2020-3-16]. ISSN 0040-1064. Dostupné z:
https://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/propoji-se-dunaj-s-vltavou-a-nahradi-tak-jeden-z-planovanych-bloku-je-temelin_48601.html
- [19] Mapové podklady dostupné z: <https://mapy.cz/>
- [20] *Mnoho otazníků na stavbě s poetickým názvem Blanka. Ekolist.cz* [online]. Praha: občanské sdružení BEZK, 1992- [cit. 2020-01-05]. ISSN 1802-9019. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/publicistika/nazory-a-komentare/jan-zeman-mnoho-otazniku-na-stavbe-s-poetickym-nazvem-blanka>
- [21] *Hrozí „blackout“ také Česku? Vesmír* [online]. Praha: Vesmír, spol. s.r.o., 1871- [cit. 2019-12-30]. ISSN 1214-4029. Dostupné z:
<https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2010/cislo-7/hrozi-blackout-take-cesku.html>
- [22] *Netz Entwicklungs Plan* [online]. [cit. 2020-03-16]. Dostupné z:
<https://www.netzentwicklungsplan.de/de/projekte/projekte-nep-2030-2019>
- [23] *Österreich im Europäischen Stromnetz* [online]. [cit. 2020-03-16]. Dostupné z:
<https://www.salzburg.gv.at/002011pi/15Gesetzgebungsperiode/3Session/313.pdf>

Seznam příloh

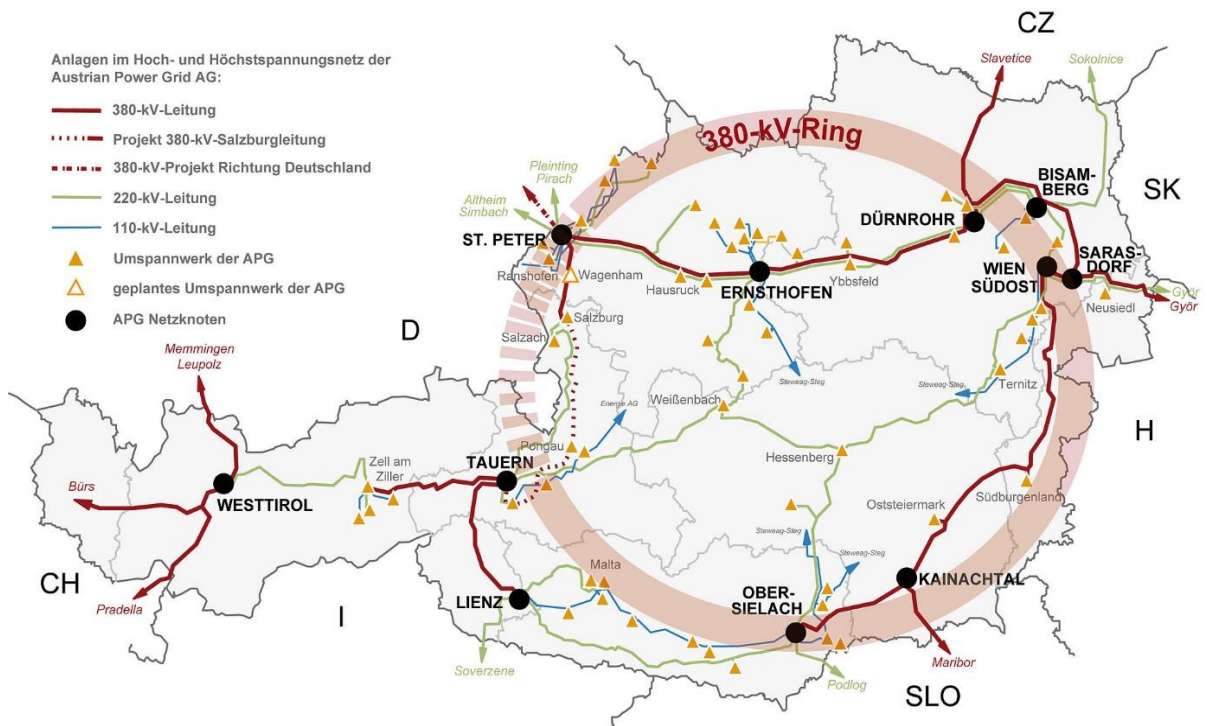
Příloha 1: Plán rozvoje PS ČR společnosti ČEPS, a.s. pro roky 2019 - 2030	44
Příloha 2: Plánovaný rakouský 380-kV-Ring	44
Příloha 3: Stavba nových HVDC vedení v Německu	45
Příloha 4: Synchronní zóny EU, ilustrace synchronních propojení evropských přenosových soustav	46
Příloha 5: Plán PVE Lipno – Aschach	46

Přílohy

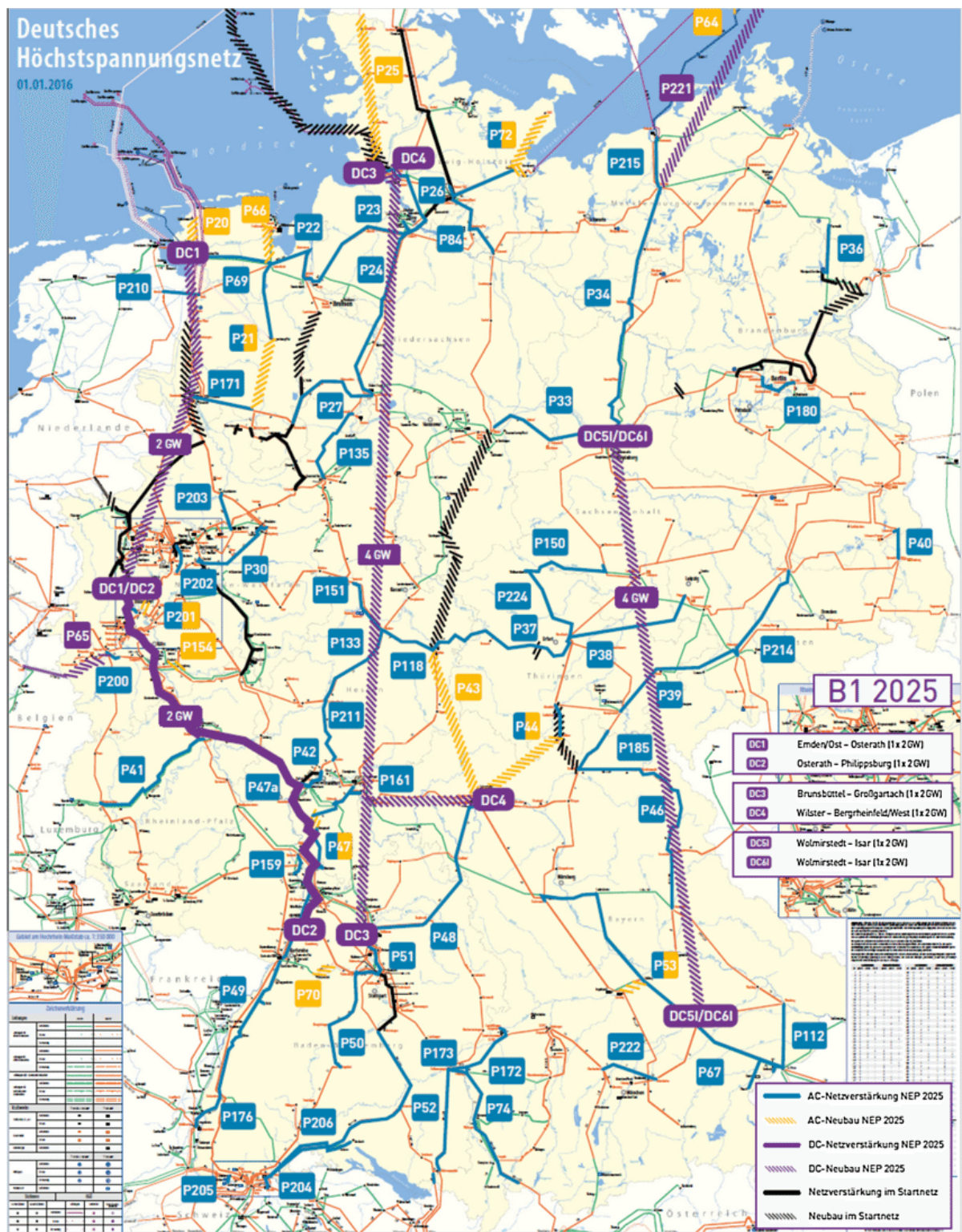
Název stavby	Délka (km)	Začátek výstavby	Ukončení výstavby
Rozvodna Kočín, komplexní rekonstrukce	-	2017	2024
Rozvodna Vítkov, nová rozvodna 420 kV	-	2017	2020
V413/V416 - smyčka do rozvodny Mírovka	25	2018	2019
V490/V491 Přeštice - Vítkov, výstavba nového vedení	87	2019	2021
Rozvodna Hradec, komplexní rekonstrukce	-	2019	2033
Rozvodna Prosenice, komplexní rekonstrukce	-	2019	2023
V423 Čebín - Sokolnice, navýšení přenosové schopnosti	38,3	2020	2025
V460 Nošovice - Albrechtice, navýšení přenosové schopnosti	16,5	2020	2021
V406/V407 Kočín - Mírovka, výstavba nového vedení	121	2021	2025
V475/V477 - smyčka do rozvodny Milín	0,7	2021	2023
Rozvodna Chrást, komplexní rekonstrukce	-	2021	2024
Rozvodna Milín, nová rozvodna 420 kV	-	2021	2024
V415/V416 Chodov - Čechy Střed, I. etapa - zaústění vedení	8	2022	2022
V443/V449 - smyčka do rozvodny Dětmárovice	1,2	2022	2024
V450/V428 Výškov - Babylon, zdvojení stávajícího vedení	73	2022	2024
V451/V448 Babylon - Bezděčín, zdvojení stávajícího vedení	54	2022	2023
V487/V488 Verněřov - Vítkov, výstavba nového vedení	83	2022	2024
Rozvodna Dětmárovice, nová rozvodna 420 kV	-	2022	2024
V403/803 Prosenice - Nošovice, zdvojení stávajícího vedení	80	2023	2025
Rozvodna Praha-Sever, nová rozvodna 420 kV - I. etapa	-	2023	2025
V413 Řeporyje - Mírovka, navýšení přenosové schopnosti	146	2024	2026

Název stavby	Délka (km)	Začátek výstavby	Ukončení výstavby
V431/831 Chrást - Přeštice, zdvojení stávajícího vedení	33	2024	2025
Rozvodna Slavětice, komplexní rekonstrukce	-	2024	2032
V409/V410 - smyčka do rozvodny Praha Sever	13	2025	2026
V432/429 Přeštice - Kočín, zdvojení stávajícího vedení	117	2026	2028
V411/811 Hradec - Výškov, zdvojení stávajícího vedení	46	2027	2028
V415/V495 Chodov - Čechy Střed, II. etapa - zdvojení stávajícího vedení	28	2027	2027
V430/V830 Hradec - Chrást, zdvojení stávajícího vedení	82	2027	2028
V434/834 Slavětice - Čebín, zdvojení vedení	52	2029	2031
V456/V803 - smyčka do rozvodny Kletné	29	2030	2031
Rozvodna Praha-Sever, nová rozvodna 420 kV - II. etapa	-	2030	2030

Príloha 1: Plán rozvoje PS ČR společnosti ČEPS pro roky 2019 - 2030. Modře vyznačené řádky jsou stavby vedení důležité pro navrhované trasy v této práci. Data jsou platná ke dni 31.5.2018 [9]



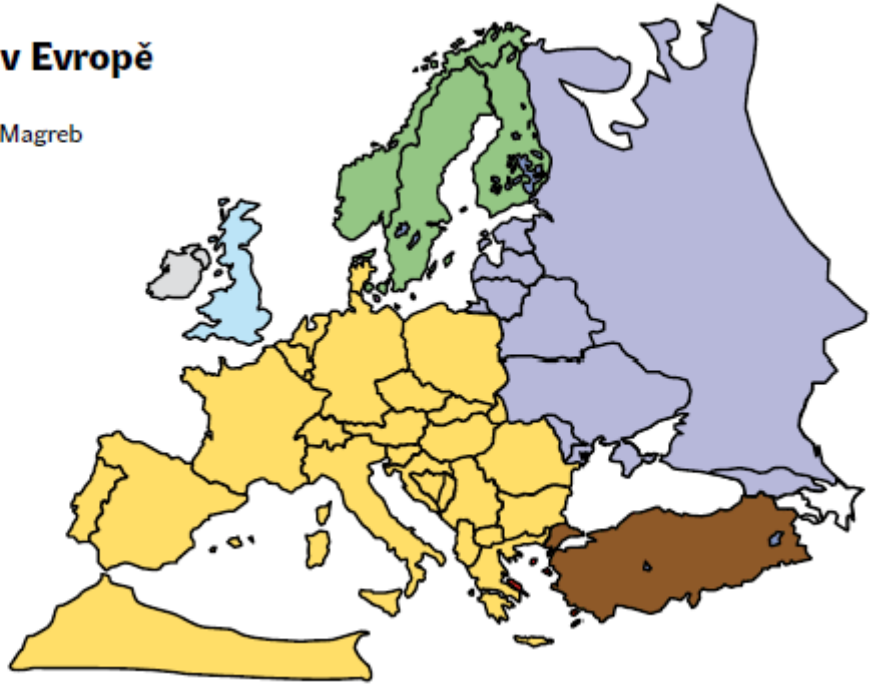
Príloha 2: Plánovaný rakouský 380-kV-Ring [22]



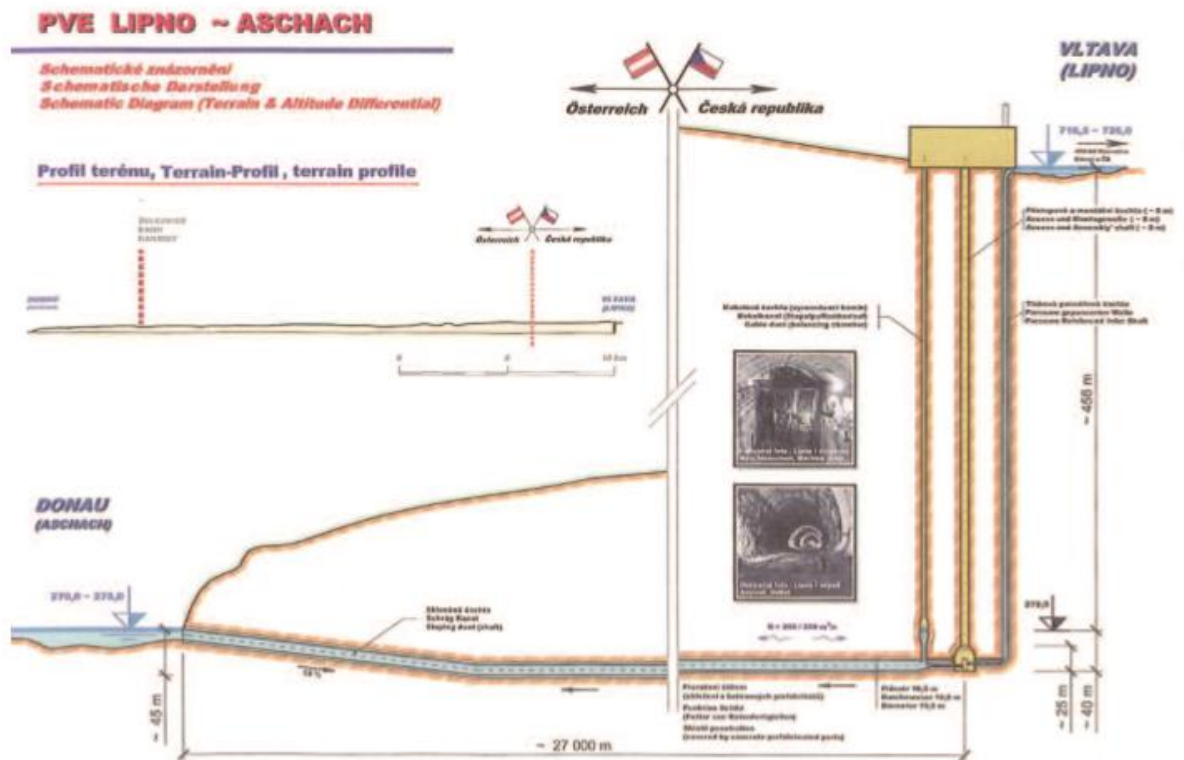
Příloha 3: Stavba nových HVDC vedení v Německu [21]

Synchronní zóny v Evropě

- Kontinentální Evropa a Magreb
- Irsko a Severní Irsko
- Skandinávie
- Velká Británie
- IPS/UPS a Baltské státy
- Turecko



Příloha 4: Synchronní zóny EU, ilustrace synchronních propojení evropských přenosových soustav [20]



Příloha 5: Plán PVE Lipno – Aschach [17]