Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra mechaniky a strojnictví

Návrh lokální distribuční soustavy pro danou lokalitu

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Pavel Neuberger, Ph.D.

Autor práce: Bc. David Mrázek

PRAHA 2020

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. David Mrázek

Zemědělské inženýrství

Informační a řídicí technika v agropotravinářském komplexu

Název práce

Návrh lokální distribuční soustavy pro danou lokalitu

Název anglicky

Proposal of Local Distribution Network for specific Location

Cíle práce

Cílem práce je vytvoření případové studie zavedení lokální distribuční soustavy (LDS) a její ekonomické vyhodnocení.

Metodika

1. Struktura práce by se co nejvíce měla přiblížit schématu:

A. Úvod

B. Materiál a metody

C. Výsledky

D. Diskuse

E. Závěr

V práci lze slučovat diskusi a závěr.

2. Součástí diplomové práce bude sestavení literární rešerše mapující způsob navrhování a provozování distribuční soustavy ČR a lokálních distribučních soustav v ČR, ekonomické metody pro jejich hodnocení a související legislativu.

Diplomant vypracuje návrh lokální distribuční soustavy pro zadanou lokalitu. Stanoví energetické bilance navrženého technického řešení a ekonomické ukazatele dovolující posoudit výhodnost navrženého řešení.

3. Práci je vhodné doplnit fotografiemi, schématy, grafy a tabulkami. Jednotlivé kapitoly a podkapitoly práce, rovnice, tabulky a obrázky je nutno číselně označovat a na toto značení se v textu odkazovat. Nedílnou součástí práce je i obsah, abstrakt, seznam použitých zkratek a symbolů, obrázků, tabulek a literatury.

Práce může být doplněna přílohami.

4. Při vypracování diplomové práce je nutno dbát na respektování citačních pravidel dle ČSN ISO 690:2011.

5. Vedoucího práce je nutno čtvrtletně seznamovat s postupem zpracování zadaného tématu.

Doporučený rozsah práce

45 – 50 stran textu

Klíčová slova

lokální distribuční soustava, smart grids, chytré měření, MaR, investice, energetika

---

Doporučené zdroje informací

Etezadzadeh, Ch. Smart City – Future City?: Smart City 2.0 as a Livable City and Future Market. Springer Vieweg, 2016. ISBN 978-3-658-11017-8, DOI 10.1007/978-3-658-11017-8

HABRYCH, R. a JAROLÍMKOVÁ, G. Implementace Smart Grid v Lokálních distribučních soustavách průmyslových podniků. In: HAMZOVÁ, Kateřina. Energetika: Odborný měsíčník pro elektrárenství, teplárenství a použití energie. Praha: Český svaz zaměstnavatelů v energetice, 2013/1. ISSN 0375-8842.

Pravidla provozování lokální distribuční soustavy. Energetika Malenovice, a.s. 2015 Dostupné z: https://www.eru.cz/documents/10540/462808/PPLDS _ Energetika _ Malenovice.pdf/fbe6f488-cbbe-4cac-8bb2-a1399d286e10

Předběžný termín obhajoby

2019/2020 LS – TF

Vedoucí práce

doc. Ing. Pavel Neuberger, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra mechaniky a strojnictví

Konzultant

Ing. Michal Břečka; Innogy Energo, s .r. o.

Elektronicky schváleno dne 5. 11. 2019

doc. Ing. Pavel Neuberger, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 5. 11. 2019

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 08. 04. 2020

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: „*Návrh lokální distribuční soustavy pro danou lokalitu*“ vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Jsem si vědom, že moje diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědom, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

V Praze dne 06.04.2020 …….

Podpis autora

Poděkování:

Rád bych poděkoval vedoucímu práce panu doc. Ing. Pavlovi Neubergerovi, Ph.D. za jeho cenné rady a čas, který mi ochotně věnoval. Za odborné rady bych chtěl poděkovat kolegům ze společnosti innogy Energo jmenovitě Ing. Michalovi Břečkovi, Ing. Markovi Joskovi, Ing. Alenovi Jusićovi a Robertovi Huďovi.

Abstrakt: Diplomová práce se zabývá strukturou elektroenergetické soustavy České republiky. Podrobně rozebírá problematiku lokální distribuční soustavy. V metodice práce jsou popsány metody pro hodnocení investic a v praktické části práce jsou na případové studii tyto metody aplikovány. Práce shrnuje možnosti implementace smart grids.

Klíčová slova: Lokální distribuční soustava, smart grids, chytré měření, investice, energetika

Abstract:

The diploma thesis deals with the structure of the electro power system of the Czech Republic. Discusses the issue in detail of local distribution network. In the methodology of work are describes the methods for assessing investments and in the practical part of the case studies are these methods applied. The work summarizes the possibilities of the implementation of the smart grids.

Key words: Local Distribution Network, Smart grids, smart meter, investment, energetics

Obsah

Seznam použitých zkratek 1

1. Úvod 2

2. Elektroenergetická soustava 3

2.1 Přenosová soustava 4

2.2 Distribuční soustava 5

2.3 Prvky v síti 6

2.3.1 Výrobny elektřiny 6

2.3.2 Ostatní prvky v síti 15

2.3.3 Subjekty v síti 15

2.4 Běžná cena za elektřinu 17

2.4.1 Regulované složky 17

2.4.2 Neregulované složky 18

2.4.3 Daně 19

2.4.4 Platba za elektřinu 19

3. Lokální distribuční soustava 19

3.1 Prvky v LDS 20

3.2 Legislativa 21

3.2.1 Licence pro provozování LDS 21

3.2.2 Smlouvy v LDS 22

3.2.3 Povinnosti PLDS 22

4. Smart grids 23

5. Cíl práce 27

6. Metodika práce 28

6.1 Případová studie 28

6.1.1 Energetické bilance 29

6.1.2 Investiční náklady 30
6.1.3 Provozní náklady 31
6.1.4 Výnosy v LDS 33
6.1.5 Další poplatky v LDS 34
6.2 Ekonomické metody pro hodnocení investic 36
7. Výsledky 39
7.1 Stanoví energetické bilance navrženého technického řešení 39
7.2 Návrh lokální distribuční soustavy pro zadanou lokalitu 41
7.2.1 Náklady v LDS 42
7.2.2 Výnosy v LDS 45
7.2.3 Poplatky za připojení 47
7.3 Ekonomické ukazatele dovolující posoudit výhodnost navrženého řešení 48
7.3.1 Čistá současná hodnota (NPV) 48
7.3.2 Vnitřní výnosové procento (IRR) 49
7.3.3 Vyhodnocení ekonomického hodnocení investice 49
7.4 Návrh implementace Smart grids v LDS 50
8. Diskuse a závěr 54
9. Citovaná literatura 57
10. Seznam obrázků 65
11. Seznam tabulek 65
12. Seznam grafů 66
13. Přílohy 67

Seznam použitých zkratek

ČEPS	provozovatel přenosové soustavy ČR
DPH	daň z přidané hodnoty
DS	distribuční soustava
ERÚ	Energetický regulační úřad
ES	elektrizační soustava
EZ	Energetický zákon
FVE	fotovoltaické elektrárny
HDO	hromadné dálkové ovládání
IoT	Internet věcí (Internet of Things)
JE	jaderné elektrárny
LDS	lokální distribuční soustava
NN	nízké napětí
OPPIK	Operační program podnikání a inovace pro konkurenceschopnost
OTE	operátor trhu s elektřinou
OZE	obnovitelné zdroje elektřiny
PDS	provozovatel distribuční soustavy
PE	parní elektrárny
PLDS	provozovatel lokální distribuční soustavy
POZE	podpora obnovitelných zdrojů energie
PPE	paroplynové elektrárny
PPLDS	Pravidla provozování lokální distribuční soustavy
PS	přenosová soustava
PSE	plynové a spalovací elektrárny
PVE	přečerpávací vodní elektrárny
RK	rezervovaná kapacita
SG	smart grids
VE	vodní elektrárny
VN	vysoké napětí
VTE	větrné elektrárny
VVN	velmi vysoké napětí

1. Úvod

Světová energetika se již několik let výrazně proměňuje a jinak tomu nebude ani v budoucnu. Náklady na výrobu „zelené“ elektřiny z obnovitelných zdrojů postupně klesají, což se bude promítat do toho, že investice do obnovitelných zdrojů a obecně do nové energetiky budou stoupat.

V současné době nikdo neví, jak bude vypadat energetická budoucnost lidstva. Jako vysoce pravděpodobná varianta se jeví to, že několik velkých zdrojů o výkonech stovek megawatt bude postupně nahrazovat více menších zdrojů o výkonech stovek, ale i jednotek kilowatt. Tento trend se nazývá decentralizace. S tímto trendem jde ruku v ruce tzv. 4D. Pojem 4D znamená: decentralizace, dekarbonizace, digitalizace a demokratizace.

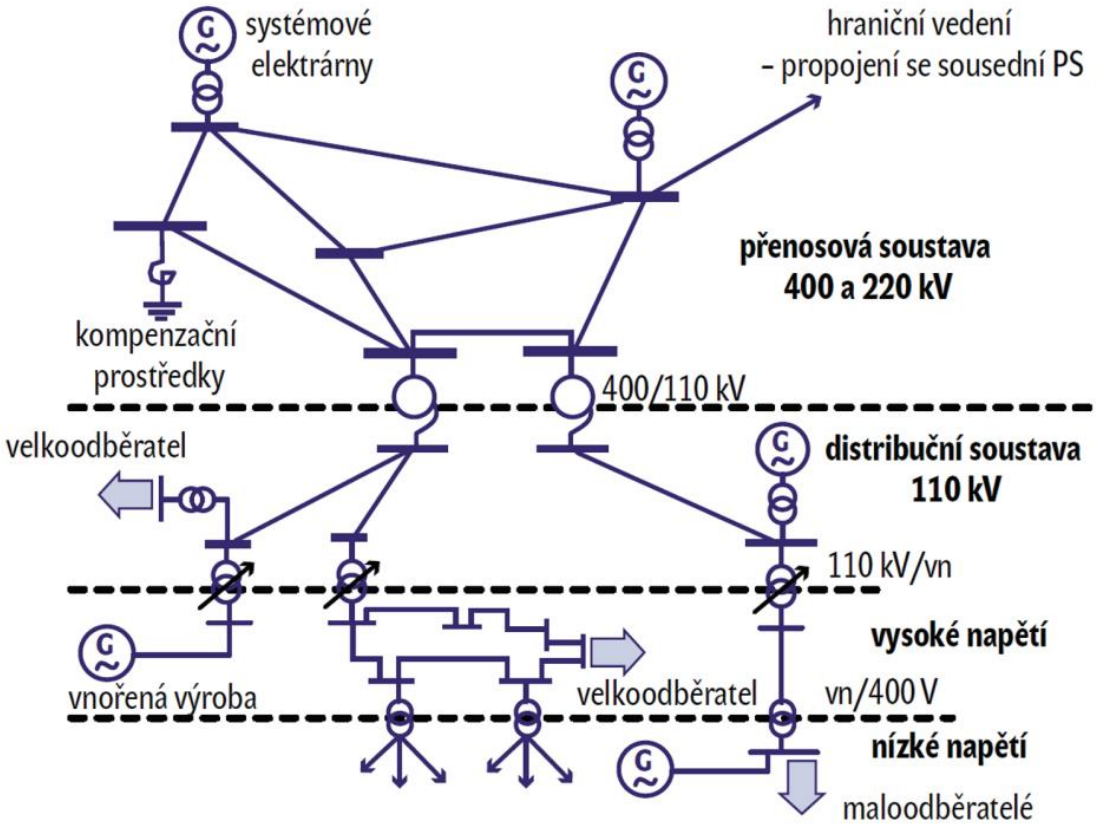
Decentralizace, jak bylo výše uvedeno, znamená mít v provozu více menších zdrojů než jeden velký. Účelem dekarbonizace je snížení vypouštění skleníkových plynů do ovzduší. Digitalizací rozumíme instalaci nových dálkově odečitatelných měřičů tak, abychom měli neustálý přehled o výrobě a spotřebě v síti a mohli ji tak lépe řídit. Pojem demokratizace zase znamená větší prostor pro samovýrobce, s čímž je spojena energetická nezávislost domácností a obcí.

Lokální distribuční soustava (LDS) je distribuční síť, v níž je prostřednictvím jednoho přípojného bodu připojeno více odběratelů k distribuční síti. S LDS se můžeme setkat většinou v průmyslových areálech, komerčních a obytných zónách, ale také v obchodních centrech.

Mezi hlavní výhody LDS patří to, že je možné uvnitř sítě instalovat několik zdrojů (např. fotovoltaiku, kogenerační jednotku, malou vodní elektrárnu...) a tím snížit závislost na dodávce z nadřazené distribuční soustavy při určitých podmínkách může být LDS velmi zajímavá finanční investice. Jako další výhodu lze zmínit snazší integraci inteligentních sítí tzv. smart grids.

2. Elektroenergetická soustava

Elektroenergetická soustava se skládá z několika částí. První částí jsou výrobny elektřiny – elektrárny. Elektřinu, kterou elektrárny vyrobí, je poté nutné dodat zákazníkovi – odběrateli. Tento přenos elektřiny probíhá skrz přenosovou a distribuční soustavu. V jednotlivých částech elektroenergetické soustavy se nacházejí další zařízení. Mezi tyto zařízení patří mj. transformovny, elektrické přípojky a další systémy pro měření či ochranu sítě. Tato soustava je vyobrazena na Obrázek 1. [1; 2]

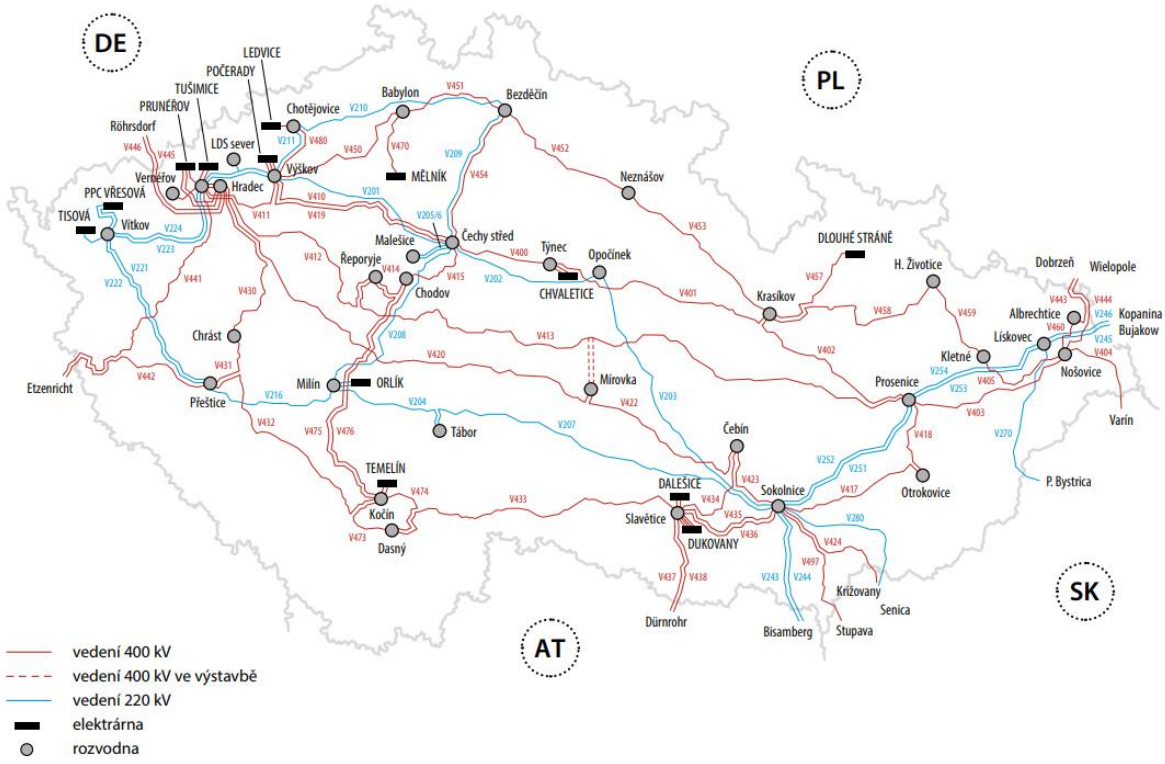


Obrázek 1 Uspořádání elektrizační soustavy [3]

Elektroenergetická soustava se rozděluje na přenosovou soustavu a distribuční soustavu. V ČR celkem soustava čítá kolem 240 000 km vedení. [2; 3; 4; 5]

2.1 Přenosová soustava

Přenosová soustava (PS) je v České republice sestavena ze sítí s napětím 400, 220 nebo 110 kV a tvoří páteř elektrizační soustavy. PS slouží k přenosu výkonů na velké vzdálenosti, zajišťuje propojení elektrizační soustavy na území České republiky se soustavami zahraničními. Dále slouží pro vyvedení výkonu z velkých elektráren. Na *Obrázku 2* je zobrazena mapa vedení přenosové sítě v ČR. [6; 7]



Obrázek 2 Schéma sítí 400 kV a 220 kV roku 2018 [3]

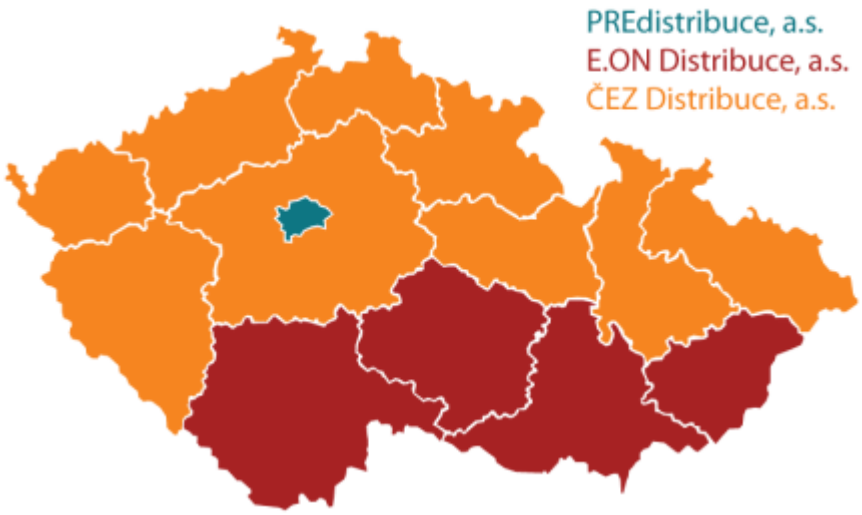
V přenosové soustavě jsou až na výjimky všechna vedení a transformátory mezi úrovněmi 400 a 220 kV propojeny, což znamená, že se všechny prvky vzájemně elektricky ovlivňují. Při vypnutí jednoho či více prvků v síti převezmou jejich zátěž ostatní prvky, které zůstaly v provozu. Provozovatelem přenosové soustavy v ČR je společnost ČEPS, a.s.. Délka vedení přenosové soustavy na území ČR je 5 700 km. [7]

2.2 Distribuční soustava

Distribuční soustava (DS) Slouží k distribuci elektřiny k odběratelům. V České republice je DS tvořena úrovněmi 110 kV až 230/400 V. DS přenáší výkon na kratší vzdálenosti a jsou do ní připojeny elektrárny o nižších výkonech.

Distribuční soustavu tvoří vzájemně nepropojené oblasti, které jsou napájeny z přenosové soustavy jedním nebo více transformátory zapojenými paralelně. Jednotlivé oblasti distribuční soustavy se tak vzájemně neovlivňují, protože nejsou propojeny a přenosovou soustavu ovlivňují pouze svým odebraným či dodaným elektrickým výkonem.

Provozovatelů distribuční soustavy je na rozdíl od provozovatele přenosové soustavy několik. Největším provozovatelem je ČEZ distribuce, a.s.. V Praze provozuje distribuční soustavu PRE distribuce, a.s.. Na jihu republiky je provozovatelem E.on distribuce, a.s.. Mapa provozovatelů distribuční soustavy je zobrazena na Obrázek 3. [8; 9; 10; 11]



Obrázek 3 Mapa provozovatelů DS v ČR [11]

Přenosová soustava se dále rozděluje na 3 části dle velikosti napětí v síti. Jedná se o vedení velmi vysokého napětí, vedení vysokého napětí a vedení nízkého napětí. Toto rozčlenění je popsáno níže.

Vedení velmi vysokého napětí (VVN)

Vedení VVN o sdruženém napětí 110 kV je základní pilíř distribuční soustavy. Do této sítě je vyveden výkon elektráren o výkonech desítek MW. V České republice provozovatelé DS spravují asi 12 500 km vedení VVN.

Vedení vysokého napětí (VN)

Vedení vysokého napětí v ČR tvoří nadzemní a podzemní vedení provozované s napětím 22 kV. V některých částech ČR se používá i napětí 35 kV. Z minulosti jsou stále v provozu i sítě s napětím 3,6 a 10 kV. Tyto sítě ale nejsou již dále rozvíjeny a jsou postupně nahrazovány vedením s napětím 22 kV, resp. 35 kV. Délka vedení VN je na území České republiky 76 500 km.

Vedení nízkého napětí (NN)

Vedení nízkého napětí v ČR tvoří nadzemní a podzemní vedení provozované s napětím 230 V. Délka tohoto vedení je 151 500 km. [2; 5; 12; 13]

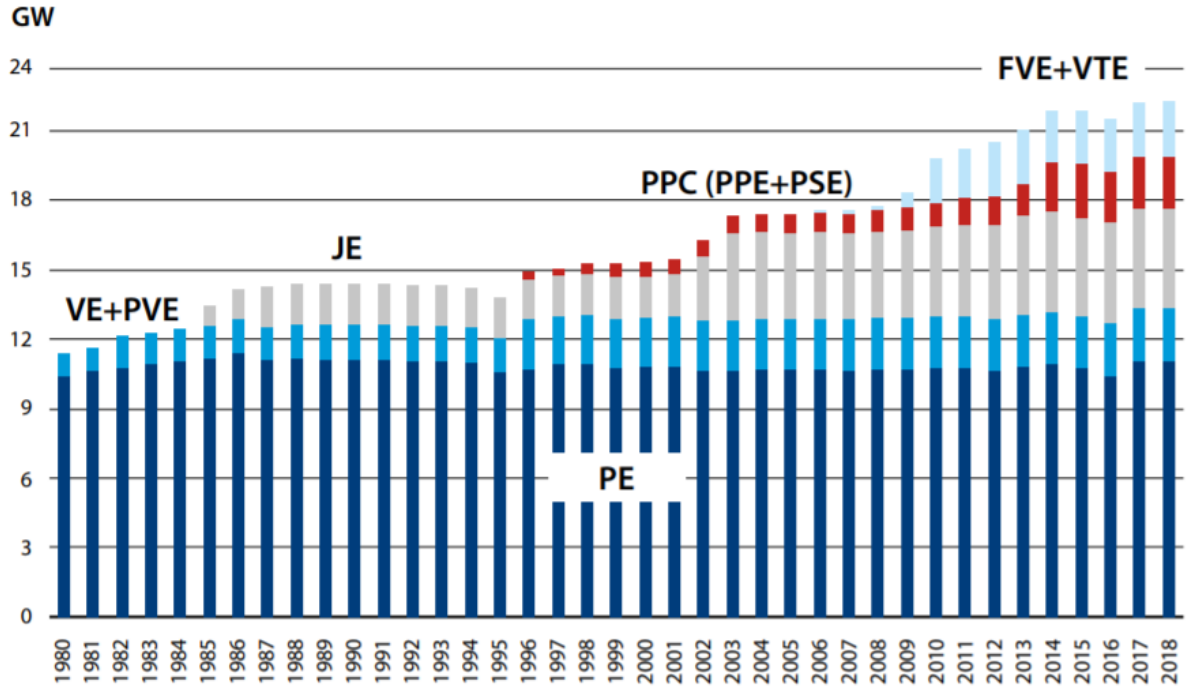
2.3 Prvky v síti

2.3.1 Výrobny elektřiny

Výrobny elektřiny jsou takové zařízení, které transformují vstupní zdroje na výsledný produkt, tedy elektřinu. V této podkapitole je znázorněno schéma výroben, které jsou využívány v České republice. Dále jsou zde tyto výrobny popsány.

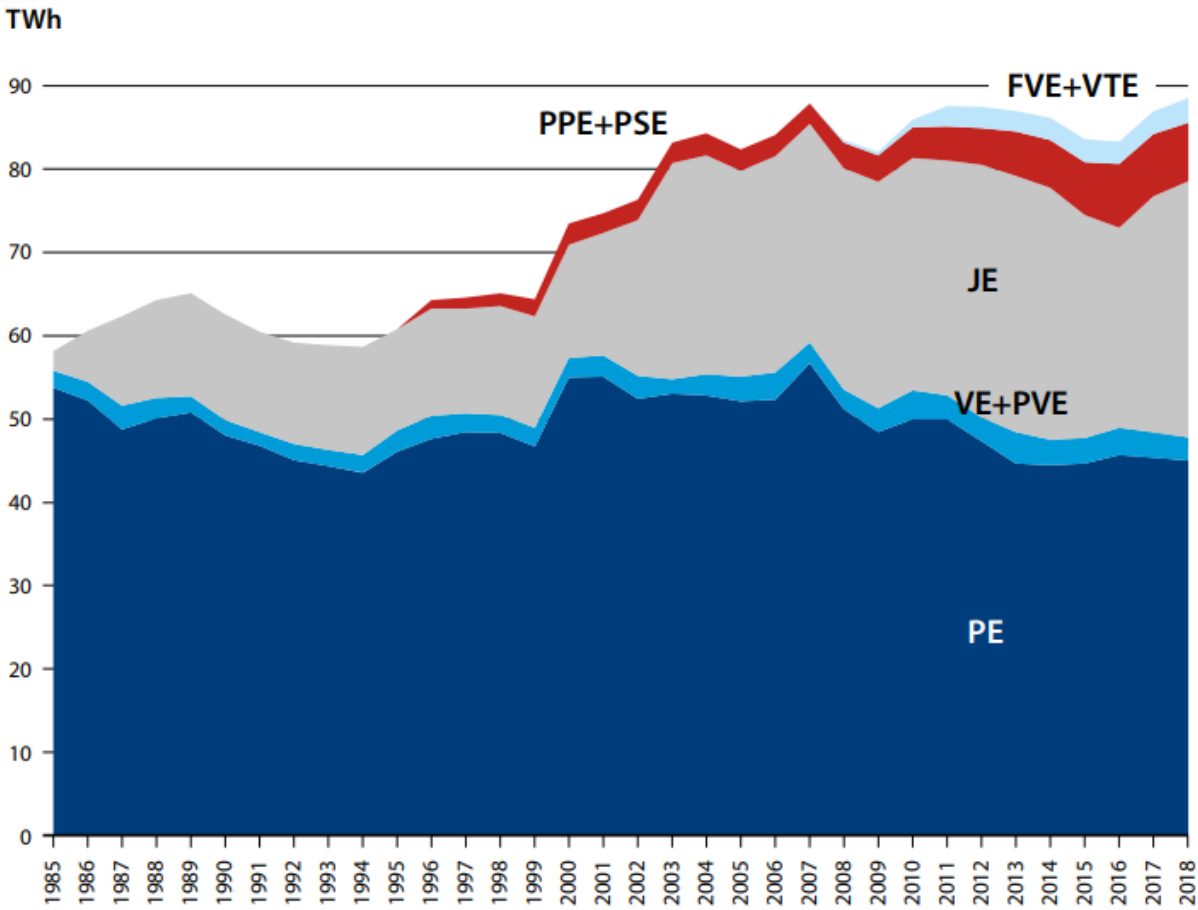
Schéma elektráren v ČR

Celkový instalovaný výkon elektráren v ČR je 22 264 MW (k 31. 12. 2018). Na Graf 1 je znázorněn postupný vývoj instalovaného výkonu elektráren v ČR od roku 1980. Do roku 1985 zajišťovaly výrobu elektřiny pouze elektrárny uhelné a vodní. V roce 1985 byla uvedena do provozu jaderná elektrárna v Dukovanech, ke které se v roce 2002 přidala jaderná elektrárna v Temelíně. Od roku 1990 se v ČR začali instalovat kogenerační jednotky na bázi spalovacích motorů. Od roku 1996 jsou do systému zapojeny i elektrárny paroplynové. Postupně byly do systému zapojovány i větrné a fotovoltaické elektrárny. Hlavní rozmach fotovoltaiky byl období mezi roky 2009 a 2010, kdy v důsledku garantované ceny za výkup elektřiny vstoupla instalace těchto zdrojů. [3]



Graf 1 Vývoj instalovaného výkonu od roku 1980 [3]

Graf 2 zobrazuje celkovou brutto vyrobenou elektřinu z jednotlivých zdrojů v České republice od roku 1985. Hodnota výroby brutto představuje celkovou výrobu elektřiny na svorkách generátorů. Tedy výroba bez vlastní spotřeby zdrojů. Od roku 1985 celková hodnota vyprodukované elektřiny stoupla zhruba o 1/3.

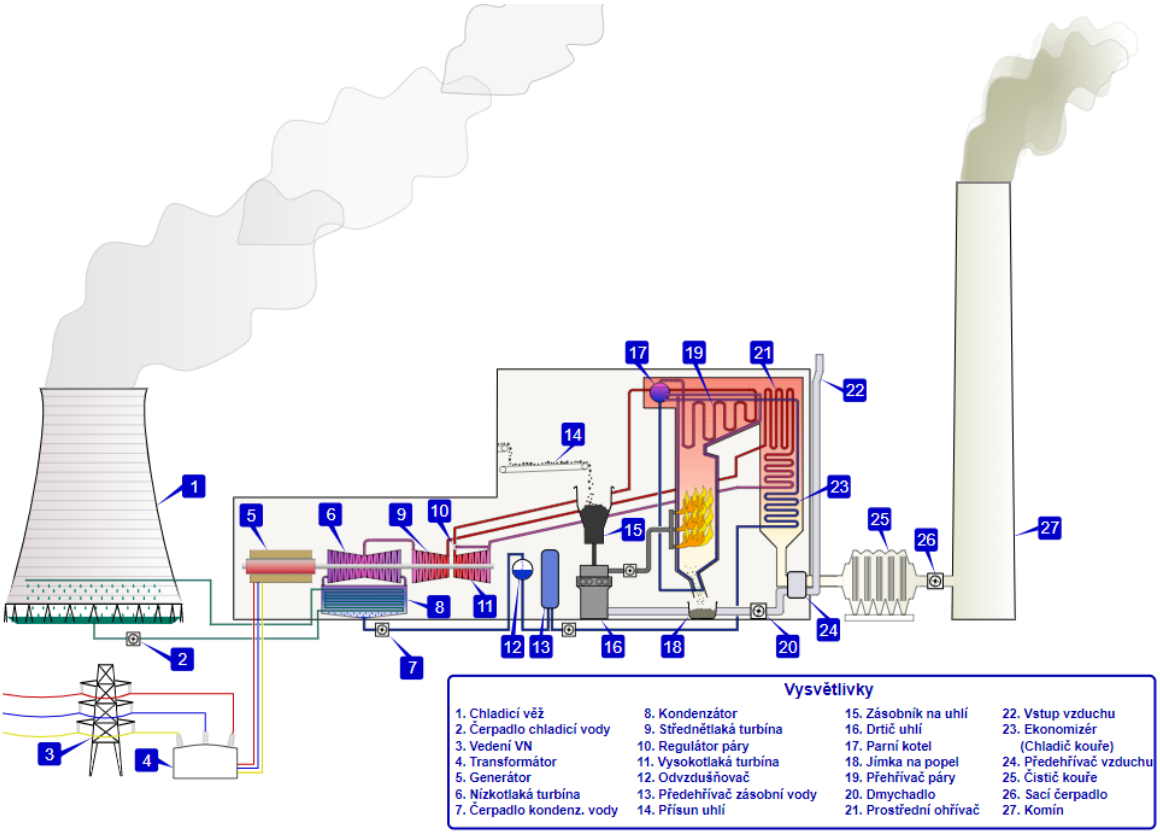


Graf 2 Vývoj brutto výroby od roku 1985 [3]

Parní elektrárny (PE)

Pod pojmem parní elektrárny rozumíme elektrárny, které využívají páru k roztočení turbíny, jež následně prostřednictvím generátoru vyrábí elektřinu. Do této kategorie nejsou zařazeny jaderné elektrárny a paroplynové elektrárny, které k výrobě elektřiny taktéž využívají páru.

Palivo pro parní elektrárny je především uhlí. Uhlí se nadrtí na uhelný prach, který se pak ve vzletu spaluje v parním kotli. Výstupem z kotle je vodní pára, která následně přes turbínu roztáčí generátor a ten vyrábí elektřinu. Tato elektřina je poté vedena do transformátorů, které ji transformují na přenosovou nebo distribuční hladinu 110 až 400 kV. Celý tento proces je zobrazen na Obrázek 4. [14; 15]



Obrázek 4 Schéma parní elektrárny [15]

Vedlejší produkt při výrobě elektřiny je teplo. Toto teplo je možné pomocí rozvodů dálkového vytápění z elektrárny odvádět a vytápět jím domácnosti/průmyslové podniky v okolí elektrárny.

V České republice vyrobí parní elektrárny přibližně 45 % veškeré elektrické energie. Jedná se tak o největší zdroj elektřiny v současné ČR. [3]

Jaderné elektrárny (JE)

Jaderné elektrárny pracují podobně jako parní elektrárny. Pára, kterou elektrárna vyrobí, roztáčí turbínu, která následně přes generátor produkuje elektrickou energii. Na rozdíl od parních elektráren není jako palivo používáno uhlí, ale tepelná energie vzniklá v reaktoru elektrárny procesem štěpné reakce. [16; 17]

V budoucnu by mohla štěpnou reakci nahradit tzv. termojaderná fúze. Termonukleární fúze je v principu opakem štěpné reakce a probíhá například na Slunci. Při této reakci se za vysoké teploty a tlaku slučují lehká atomová jádra, díky čemuž vzniká těžší jádro a uvolňuje se velké množství energie.

Tato jaderná reakce by byla relativně levná a zajistila by v podstatě neomezený a čistý zdroj energie. Na Zemi je ale velmi obtížné dosáhnout podmínek, které panují na Slunci (vysoká teplota a tlak) a tak není jisté kdy a zdali vůbec se povede fúzní reaktor zkonstruovat. [18; 19]

V České republice se provozují dvě jaderné elektrárny. Tyto elektrárny se nacházejí v Temelíně a Dukovanech a zajišťují přibližně třetinu celkové výroby elektřiny. Obě tyto elektrárny jsou připojeny do PS. [3]

Paroplynové elektrárny (PPE)

Paroplynová elektrárna k výrobě elektrické energie jako palivo využívá plyn. Plyn je nejprve spálen v plynové neboli spalovací turbíně, která vyrobí první část energie. Horké spaliny následně vyrobí páru a ty roztočí parní turbínu. Díky této dvojité výrobě má paroplynová elektrárna vyšší účinnost než elektrárna parní.

Mezi výhody paroplynových elektráren patří vysoká flexibilita. Tento zdroj dokáže najet na požadovaný výkon během několika minut. Díky této vlastnosti je jej možné využívat při regulaci a stabilizace elektrizační soustavy.

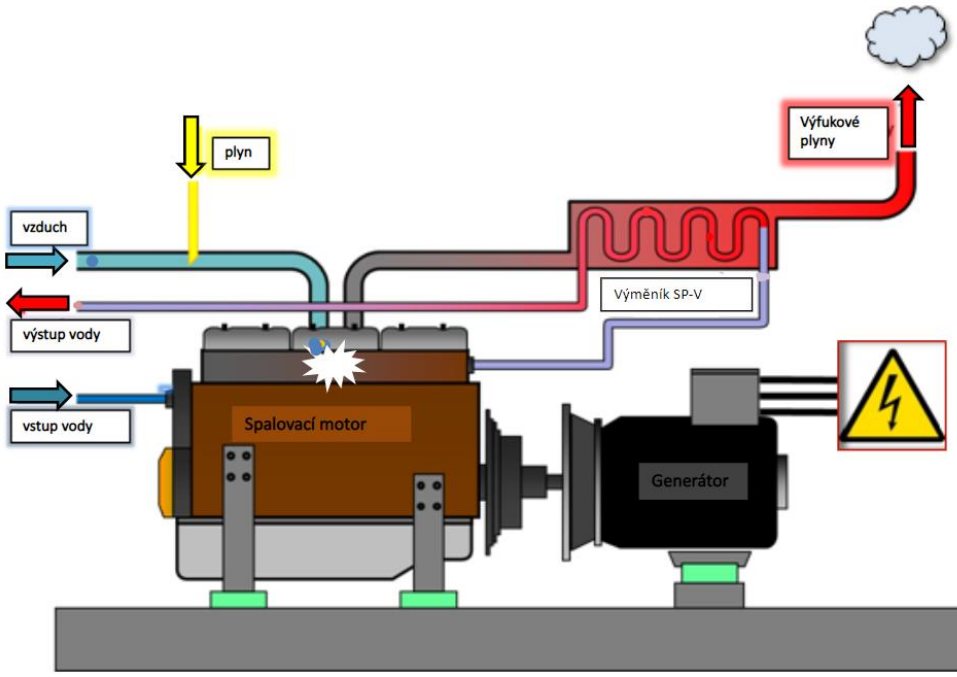
Další výhodou oproti uhelným zdrojům je nižší produkce emisí a dalších škodlivých látek. Naopak nevýhodou je dražší palivo pro výrobu elektrické energie.

V České republice se nacházejí tři paroplynové elektrárny. Elektrárny v Počeradech a na Kladně jsou v provozu hlavně v denních špičkách, popř. při výpadku některé z velkých elektráren. Elektrárna Vřesová využívá ke svému provozu energoplyn, který vzniká zplynováním hnědého uhlí. Takto vzniklý plyn je ekonomicky výhodnější než plyn zemní, a tak může být elektrárna využívána stabilně. [20; 21; 22]

Plynové a spalovací elektrárny (PSE)

Do této kategorie řadíme kogenerační jednotky. Kogenerace = kombinovaná výroba elektřiny a tepla. Kogenerační jednotka je spalovací motor, který je uzpůsobený na spalování zemního plynu. K tomuto motoru je pomocí hřídele připojen generátor, který vyrábí elektrickou energii. Při výrobě elektřiny vzniká teplo. Teplo vzniká ve spalinách a taktéž chlazením motoru. Toto teplo je dále využíváno pro nejrůznější potřeby, a to bud v průmyslových výrobních podnicích pro technologické účely, nebo se jím vytápějí

kancelářské/bytové prostory. Celý tento princip je zobrazen ve schématu kogenerační jednotky na Obrázek 5.



Obrázek 5 Schéma kogenerační jednotky [23]

Kogenerační jednotka má díky dvojímu využití paliva vysokou účinnost a díky spalování plynu je poměrně ekologická, a tak produkuje pouze méně emisí CO2 na vyrobenou MWh elektřiny než uhelné zdroje. Jednotka navíc po drobných úpravách dokáže využívat i jiné druhy plynu, jako například bioplyn, skládkový plyn, nebo důlní plyn. [24]

Mezi další výhody patří to, že lze díky KGJ regulovat distribuční soustavu. Jednotka poměrně rychle muže nastartovat a začít výrobu nebo se zastavit a přestat vyrábět elektřinu. Dále je na ní možno v určitých mezích regulovat výkon. Kogenerační jednotka je tak úzce spjatá s decentralizací energetiky. [25]

Nevýhodou je ale to, že se jedná o mechanický zdroj energie, a tak může docházet k různým poruchám a opotřebením. Navíc příliš časté startování a vypínání nepřispívá jednotce, a proto je doporučeno mít jednotku v běhu v delších časových blocích. [26]

V České republice je v provozu několik stovek kogeneračních jednotek o různých výkonech a toto číslo neustále roste. [25]

Fotovoltaické elektrárny (FVE)

Fotovoltaická elektrárna využívá k výrobě elektřiny fotoelektrický jev. Fotoelektrický jev probíhá na polovodičových fotodiodách, které přeměňují sluneční záření na elektřinu. Jednotlivé fotodiody se nazývají fotovoltaické články. Ty jsou následně spojovány do větších celků nazývaných fotovoltaické panely.

Produkovaná elektřina má malé napětí a je stejnosměrná, proto ji musíme pomocí elektroniky upravit na parametry, které jsou v elektrické síti.

Mezi výhody fotovoltaických elektráren patří, že neprodukuje žádné emise, palivo pro elektrárnu je ze slunce zdarma a elektrárna vyžaduje minimální údržbu.

Nevýhodou je ale nestálost výroby z elektrárny. Elektřina se produkuje pouze v případě, že svítí slunce, a to není k dispozici v noci nebo za špatného počasí. Tento problém je částečně vyřešen akumulátory na elektřinu, které v době přebytku elektřinu ukládají a v době nedostatku vydávají. Další možností, jak vykrývat nestálost výroby fotovoltaické elektřiny je jí doplnit jiným vhodným zdrojem, například kogenerační jednotkou. [25]

Díky stále rostoucímu zájmu o obnovitelné zdroje energie a nejrůznějším druhům jejich podpory se výroba fotovoltaických panelů a systémů v poslední době zdokonalila a zlevnila. [27; 28; 29]

V České republice byla v roce 2018 dodávka do sítě z těchto zdrojů asi 2,2 GWh elektřiny, což představuje celkovou spotřebu 3% celého státu. [3]

Větrné elektrárny (VTE)

Větrná elektrárna pracuje na principu, kdy přeměňuje kinetickou energii větru na elektřinu. V dnešní době je vyvinuto mnoho druhů větrných elektráren s vertikální či horizontální osou otáčení.

Větrná turbína tedy převádí sílu proudícího vzduchu působící na listy rotoru na rotační mechanickou energii. Tato energie je převedena na generátor, který z ní vyrobí energii elektrickou. Listy rotoru mají specificky tvar a pracují na bud principu vztlakové, nebo odporové síly.

Odporové turbíny jsou starší druh technologie. V dnešní době se již tolik nevyužívá, poněvadž má nižší účinnost. Využívá se principu rozdílu sil působících na lopatky, tj. že lopatka má specifický tvar profilu (např. misky), či se mění její natočení.

Vztlakové turbíny jsou dnes nejpoužívanějším typem technologie. Využívá se tzv. aerodynamické vztlakové síly. Tato síla vzniká díky specificky tvarovanému profilu lopatek, obdobně jako na křídlech letadla.

Největší výhodou větrných elektráren je ekologický, bezplatný a nevyčerpatelný zdroj síly, která je pohání. Při jejich provozování tedy nedochází k vypouštění skleníkových plynů ani jiných škodlivých látek do ovzduší

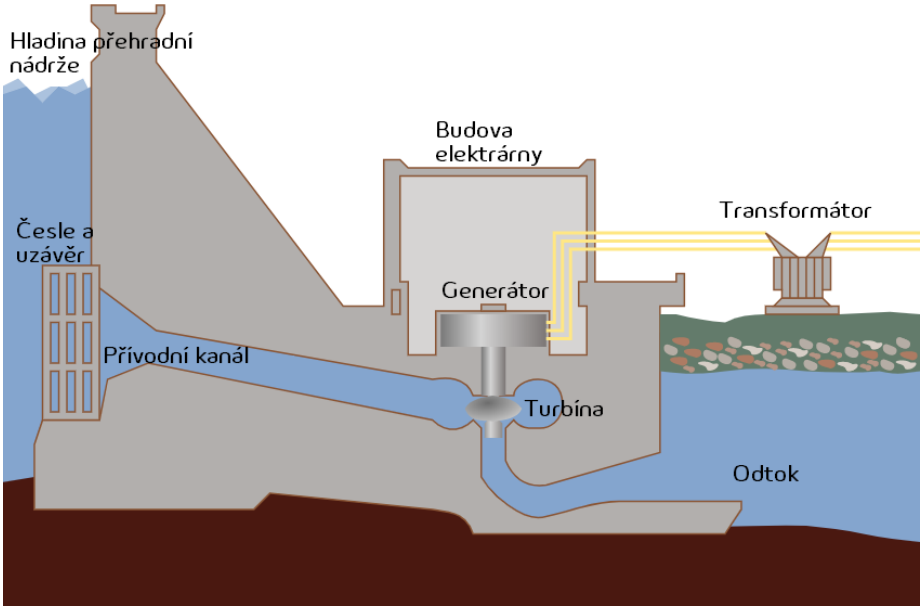
Mezi největší nevýhody patří závislost jejich aktuálního výkonu na síle a směru větru. V době, kdy silný vítr fouká, je potřeba zabránit přetížení elektroenergetické sítě. Když je vítr naopak slabý, je nutné nahradit dodávání energie do sítě z jiného zdroje. Větrné elektrárny jsou také často kritizovány kvůli nepříjemnému hluku, který je způsobený aerodynamickým obtékáním vzduchu kolem lopatek a mechanickými částmi konstrukce např. generátorem. [30; 31; 32]

Celkový instalovaný výkon větrných elektráren v ČR je 316 MW (k 31. 12. 2018). V roce 2018 větrné elektrárny vyrobily 609 GWh, což je zhruba 0,8 % hrubé konečné spotřeby elektřiny v ČR. [3]

Vodní elektrárny (VE)

Vodní elektrárny patří mezi obnovitelné zdroje energie. Tento zdroj je schopen vyrábět elektřinu díky hydrologického cyklu neboli trvalému koloběhu vody na Zemi. Vodní elektrárna je zdroj, který přeměňuje potenciální nebo kinetickou energii vody na elektrickou energii. Obvykle se elektrárna skládá z přehradní hráze nebo jezu, který zadržuje vodu a ze strojovny. Ve strojovně se nacházejí vodní turbíny a generátory elektřiny.

Celý princip je vcelku jednoduchý. Voda přitékající přívodním kanálem roztáčí turbínu, která přes hřídel roztáčí generátor, který vyrábí elektřinu. Elektřina je posléze transformována a dodávána do sítě. Schéma elektrárny zobrazeno na Obrázek 6. [33]



Obrázek 6 Schéma vodní elektrárny [34]

Mezi velké výhody vodních elektráren patří schopnost rychlého najetí vysokého výkonu, a tak vodní elektrárna slouží k operativnímu řízení výkonu v elektrizační soustavě. Vodní elektrárny svým provozem neznečišťují ovzduší, prokysličují vodní toky, jsou bezodpadové a bezpečné.

Nevýhodou je naopak závislost na klimatických podmínkách. V období dlouhotrvajícího sucha mohou mít elektrárny problém s průtokem vody, s čímž souvisí nižší produkce elektřiny. [35; 36]

V České republice se nachází 9 vodních elektráren s výkonem nad 10 MWe a více než 100 malých vodních elektráren s výkonem do 10 MWe. [37; 38]

Přečerpávací vodní elektrárny (PVE)

Přečerpávací vodní elektrárna není klasický zdroj elektrické energie jako výše popisované elektrárny. Tato elektrárna se využívá k akumulaci energie. Elektrárnu tvoří dvě nádrže, které jsou umístěné v rozdílných nadmořských výškách, které jsou spojeny spádovým potrubím.

V době přebytku elektřiny v síti se voda čerpá z dolní nádrže do nádrže horní. Když je elektřiny v síti nedostatek, tak se voda pomocí gravitační síly vypouští do nádrže dolní, načež projde přes generátory, které vyrobí elektřinu.

Přečerpávací elektrárny lze snadno řídit, a tak jejich význam v současné době díky výrobě elektřiny z obnovitelných zdrojů (solární panely/větrné elektrárny) stoupá.

V současné době jsou v ČR v provozu tři přečerpávací vodní elektrárny – Dlouhé Stráně, Dalešice a Štěchovice II. [39; 40]

2.3.2 Ostatní prvky v síti

Vedení elektrické energie

Elektřina je distribuována pomocí kabelů, které jsou vedeny pomocí stožárů nad zemí. V případě, kdy není možné elektřinu vést nad zemí je vedena pod zemí.

Rozvodny

Rozvodna je místo, kde dochází k napojení přenosové soustavy na distribuční soustavu. V rozvodně dochází k transformaci velmi vysokého napětí na napětí vysoké. Na vysokém napětí je poté distribuce rozvětvena a distribuuje se do různých oblastí.

Spínací stanice

Spínací stanice dále rozvětvuje vedení vysokého napětí. Na této stanici nedochází k transformaci.

Transformační stanice

V transformační stanici probíhá k transformaci napětí z VN na NN. Obvykle tedy z 22 kV na 400 V, tato napěťová hladina je pak rozváděna k jednotlivým odběrům. [41]

2.3.3 Subjekty v síti

Výrobce

Výrobce elektřiny smí na základě licence vyrábět a dodávat do sítě vyrobenou elektřinu. Výrobce má několik možností jak s vyrobenou elektřinou naložit. První možností je spotřebování elektřiny v místě její výroby. Jedná se např. o vlastní spotřebu v průmyslovém areálu. Druhou variantou je prodej elektřiny obchodníkovi. Dalším možným scénářem je poskytovat tzv. podpůrné služby provozovateli přenosové soustavy, tj. při pokynech dispečinku zvyšovat nebo snižovat dodávky energie. PPS těmito zásahy reguluje rovnováhu v soustavě [42; 43]

Distributor elektřiny

Distributor elektřiny zajišťuje distribuci ke spotřebitelům pomocí svých sítí. Přes tyto sítě se elektřiny dostává z elektráren až ke koncovým zákazníkům. Distributor se kromě přenosu elektřiny stará i o odečty elektroměrů a řeší případné poruchy a problémy v distribuční síti. Spotřebitel si nemůže distributora vybrat, protože v dané lokalitě je pouze jeden viz Obrázek 3. [42; 43]

Dodavatel elektřiny (Obchodník s elektřinou)

Dodavatel elektřiny je společnost, která na základě licence může obchodovat s elektřinou. Obchodník elektřinou nakupuje elektřinu na komoditní burze za účelem jejího dalšího prodeje koncovým zákazníkům nebo velkoodběratelům.

Na rozdíl od distributora muže spotřebitel obchodníka svobodně změnit a ovlivnit tím výši plateb za elektřinu. [42; 43]

Spotřebitel

Spotřebitel je konečný uživatel v síti, který elektřinu odebírá a spotřebovává. Spotřebitel platí za odebranou elektřinu dodavatelovi, který následně odevzdá příslušnou část platby za elektřinu daným subjektům. [42; 43]

Burza

V ČR organizuje burzu s elektřinou společnost PXE a. s. Burza je určena pro subjekty s licencí na obchodování s elektřinou. [44]

Operátor trhu s elektřinou (OTE)

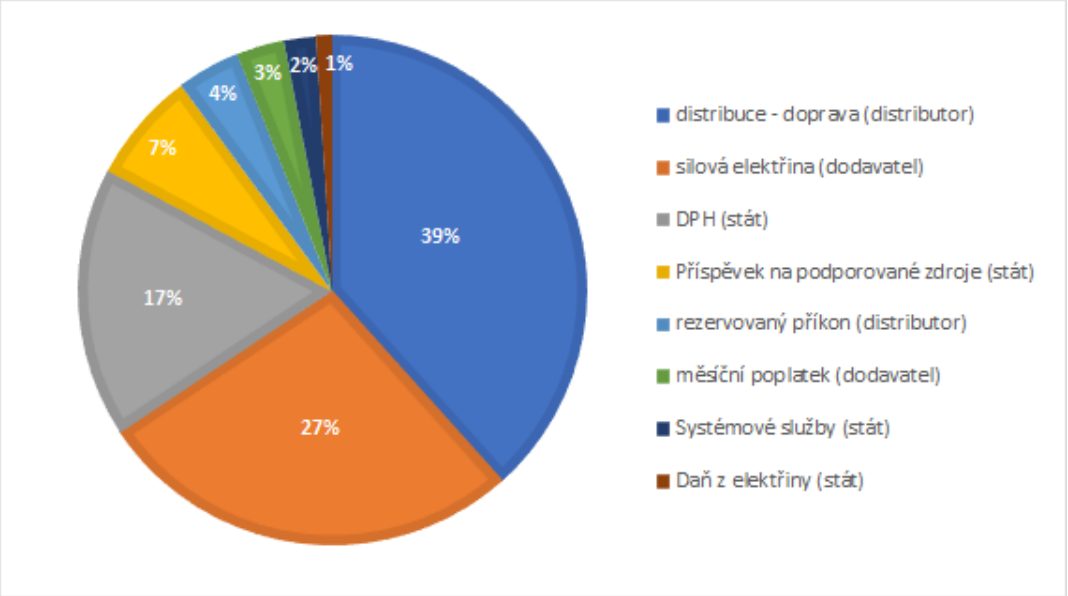
OTE zajišťuje chod trhu s elektřinou, tj. registruje účastníky a zpracovává obchodní transakce. Dále zajišťuje rovnováhu mezi nabídkou a poptávkou, vyhodnocuje odchylky mezi sjednanými a skutečnými dodávky elektřiny a také zpracovává měsíční a roční bilance. [45]

Energetický regulační úřad

Energetický regulační úřad (ERÚ) je správní úřad pro výkon regulace v energetice. Činností ERÚ je převážně regulace cen a podpora hospodářské soutěže v energetice. Dále se tento úřad stará o podporu „zelené“ elektřiny a o ochranu zájmů všech subjektů v energetice. [46]

2.4 Běžná cena za elektřinu

Dle energetického zákona (Zákon č. 458/2000 Sb) se cena za elektrickou energii v České republice skládá ze tří částí. První částí ceny je regulovaná složka. Regulovanou složku ceny elektřiny stanovuje každý rok Energetický regulační úřad (ERÚ). Druhá část ceny je složka neregulovaná. Neregulovanou složku ceny určuje obchodník, u kterého spotřebitel elektřinu odebírá. Poslední část ceny jsou daně, které určuje a vybírá stát. Orientační graf složení ceny elektřiny je zobrazen na Graf 3. [47]



Graf 3 orientační složení ceny elektřiny z roku 2019 [47]

2.4.1 Regulované složky

Jde o platby, které se odvádí distributorovi elektřiny, OTE a státu. Jde o platby, které jsou regulovány Energetickým regulačním úřadem tzv. "cenovým rozhodnutím". Ceny jsou rozdílné v závislosti na distribučním území. Výše těchto poplatků nemůže tedy odběratel v daném místě ovlivnit. [47; 48]

Stálý měsíční plat za příkon

Měsíční plat za příkon neboli „platba za jistič“ je poplatek, který určen dle jmenovité proudové hodnoty hlavního jističe před elektroměrem. Poplatek stanovuje ERÚ a je tedy závislý na velikosti proudového jističe, sazby elektřiny a území daného distributora.

Platba za distribuované množství elektřiny

Platbu za distribuované množství elektřiny stanovuje ERÚ výpočtem založeným na principu pokrytí nákladů na ztráty spojené s distribucí elektřiny, jsou v této složce ceny nákladů spojené s měřením spotřeby a náklady potřebné k udržování a rozvoji distribučních sítí. Cena za 1 kWh je závislá na distribuční sazbě a lokalitě DS.

Platba za systémové služby

Systémové služby poskytuje provozovatel přenosové soustavy (ČEPS). Tato platba je stejná pro všechny odběratele, kteří jsou připojeni k elektrizační soustavě. Cenu určuje ERÚ na základě uznatelných nákladů společnosti ČEPS. Mezi tyto náklady se řadí náklady spojené se ztrátami přenosem elektřiny, dále výlohy na údržbu a rozvoj soustavy a také výdaje na podpůrné služby, které jsou nutné pro zajištění bezpečného a spolehlivého provozování soustavy.

Platba za činnost operátora trhu (OTE)

Platba za činnost operátora trhu slouží ke krytí uznatelných nákladů společnosti OTE, a.s. hlavním úkolem OTE je organizace denního a vyrovnávacího trhu s elektřinou a zúčtování jeho odchylek.

Platba za podporu výkupu elektřiny z obnovitelných zdrojů energie (OZE)

Tato složka v ceně elektřiny slouží k podpoře výroby energie z obnovitelných zdrojů. Výroba „zelené“ elektřiny je ekonomicky náročnější, a tak ji musí stát dotovat, aby bylo ekonomicky smysluplné ji vyrábět. Peníze na tuto dotaci tedy platí každý odběratel elektřiny a jsou určeny pro výrobce čisté elektřiny. Výše složky je určována ERÚ každý rok dle cenového rozhodnutí. [47; 48]

2.4.2 Neregulované složky

Neregulovanou složku ceny elektrické energie si může její dodavatel určovat sám. Výše této složky je určována na základě tržního způsobu.

***platba za odebranou elektřinu*.**

Tato složky ceny představuje platbu za silovou elektřinu tedy za elektřinu, kterou reálně spotřebujeme. Cena se z pohledu obchodníka skládá ze dvou částí. Jedna je skutečná hodnota, za kterou obchodník dokáže elektřinu na burze nakoupit a druhá část je jeho marže.

pevná cena za měsíc

Za každé odběrné místo je účtován stálý měsíční poplatek nehledě na to, kolik odebere odběratel elektřiny. Výši poplatku určuje dodavatel a měl by mu pokrýt nezbytné výdaje spojené například se zákaznickým servisem, propagací apod. [47; 48]

2.4.3 Daně

Daň z elektřiny

Daň z elektřiny neboli tzv. ekologická daň je pro všechny odběratele stejná a činí 28,30 Kč/MWh. Osvobozena od daně je elektřina vyrobená z obnovitelných zdrojů.

Daň z přidané hodnoty (DPH)

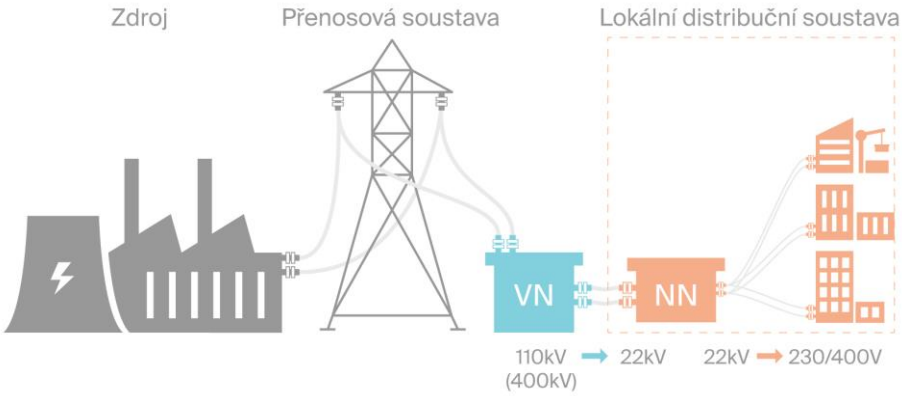
DPH činí aktuálně 21 % (31. 12. 2019) a vztahuje se na všechny výše uvedené položky. [47; 48]

2.4.4 Platba za elektřinu

Koncový zákazník platí pouze jednu fakturu, a to dodavateli. Dodavatel si ponechá odměnu za své služby a odpovídající částku dále předá distributorovi a státu. [47]

3. Lokální distribuční soustava

Lokální distribuční soustava je pomocí jednoho připojovacího bodu připojena k DS. Tímto připojovacím bodem je případě elektrické LDS transformátor. Za transformátorem je už hladina napětí na NN a je rozvedena k jednotlivým odběratelům. Mezi tyto odběratele se povětšinou řadí bytové rezidence, komerční či průmyslové zóny. Zpravidla se tedy jedná o situaci, kdy je větší koncentrace odběratelů ve stejné lokalitě. Toto schéma je vyobrazeno na Obrázek 7. [49]



Obrázek 7 Zobrazení LDS v elektrizační soustavě [50]

Většina LDS je napájena z VN, ale v České republice je asi i 60 lokalit, které jsou napájeny z VVN. V České republice je spotřeba LDS asi 12 TWh což je zhruba 16 % z celkové spotřeby elektřiny v ČR. Většinu této elektřiny spotřebují velké průmyslové podniky. [51]

Existují i LDS pomocí kterých je dodáván odběratelům zemní plyn, nebo teplo. Těmito typy LDS se tato práce zabývat nebude.

Společnost, která provozuje LDS musí vlastnit licenci na distribuci elektřiny. Společnost s touto licencí poté zodpovídá za distribuci elektřiny stejně jako provozovatel DS. [52]

3.1 Prvky v LDS

Trafostanice

Na vstupu do každé LDS je trafostanice, která transformuje VN z DS na NN v LDS. Výkon trafostanice je vybrán na základě předpokládaných odběrů v LDS. Zde platí přímá úměra čím menší předpokládaný odběr v LDS tím stačí trafostanice s nižším výkonem.

Dále je nezbytné v trafostanici řešit kompenzaci účiníku cosφ v LDS. Účiník je cosinus fázového posunu mezi napětím a proudem. Je potřeba, aby kompenzace byla správná a cosφ se pohyboval v rozmezí 0,95-1. Pokud by tomu tak nebylo provozovatel LDS by za toto porušení podmínek platil pokuty. [53]

Vedení elektřiny

Vedení elektřiny z trafostanice muže být vedeno vzduchem nad zemí, nebo pod zemí. Vedení elektřiny pod zemí je uskutečněno v plastových chráničkách, popř. v kolektorech pro vedení inženýrských sítí. Pro návrh správné dimenze kabelu je důležité znát parametry budoucích odběrů LDS. Je třeba brát v potaz i to, že v případě budoucího navýšení výkonu může být cena za zemní práce vyšší než v současnosti vedení lehce předimenzovat.

Jističe

Velikost jističe si určuje každý odběratel v LDS sám na základě předpokládaného maximálního příkonu odběrného místa.

Elektroměr

Každé odběrné místo musí být osazeno elektroměrem. Tento elektroměr musí být stanovený a úředně ověřený. Díky tomuto elektroměru je poté možno fakturovat odběratelovi za odběr elektrické energie. [53]

3.2 Legislativa

Legislativní záležitosti pro provozování LDS vycházejí především z energetického zákona č. 458/2000 Sb., kde pro LDS platí samá pravidla jako pro DS.

3.2.1 Licence pro provozování LDS

Pro provozování LDS je nutné, aby měl její provozovatel licenci na distribuci elektrické energie. Tato licence je udělena na základě žádosti Energetickým regulačním úřadem.

V případě, že se uvnitř LDS bude nacházet zdroj pro výrobu elektrické energie je provozovatel povinen být držitelem i licence na výrobu elektrické energie. Proto, aby mohl uživatel aktivně působit na trhu s elektřinou je potřeba, aby vlastnil i licenci na obchod s elektřinou.

Pokud je v LDS umístěna například kogenerační jednotka, která bude vyrábět elektřinu a teplem vytápět objekty, bude nutné, aby provozovatel byl i vlastníkem licence na výrobu tepelné energie a distribuci tepelné energie. V případě, že by byla kogenerace

umístěna pouze v jednom objektu, který bude vytápět, není licence na výrobu a distribuci tepla nutná. [54]

3.2.2 Smlouvy v LDS

Smlouva o připojení LDS k DS

Smlouvu o připojení k DS uzavírá provozovatel LDS s provozovatelem distribuční soustavy dle lokality, ve které se LDS nachází. V této smlouvě budou obsaženy tyto parametry: rezervovaný příkon, napěťová hladina, způsob a technické podmínky připojení, termín připojení a podíl provozovatele LDS na oprávněných nákladech provozovateli DS za připojení.

Smlouva o připojení

Tuto smlouvu uzavírá konečný odběratel s provozovatelem LDS. Ve smlouvě se jsou určeny technické podmínky připojení, datum připojení a podíl odběratele na oprávněných nákladech provozovatele LDS za připojení.

Smlouva o zajištění služby distribuční soustavy

Provozovatel LDS uzavírá smlouvu o zajištění služby distribuční soustavy s každým obchodníkem, který bude odběratelům v LDS dodávat elektřinu.

Smlouva o sdružených službách dodávky elektřiny

Tuto smlouvu uzavírá odběratel elektřiny s dodavatelem elektřiny. Dodavatel má na základě této smlouvy povinnost zajistit přenos, distribuci elektřiny a systémové služby s tím, že mu za to zákazník zaplatí dohodnutou cenu. Tato smlouva lze ukončit a lze ji následně uzavřít s jiným dodavatelem, který může nabízet lepší ceny nebo příznivější podmínky. [52; 55]

3.2.3 Povinnosti PLDS

Provozovatel lokální distribuční soustavy je povinen měsíčně vypracovávat výkaz o provozování LDS. Tento výkaz se poté zasílá na OTE. Dle vyplněného výkazu jsou poté vybírány poplatky za činnost OTE, POZE nebo za použití sítí nadřazené DS. Další povinností PLDS je vypracovat jednou ročně zprávu o kvalitě a úrovní údržby zařízení LDS. Adresátem této zprávy je ERÚ.

Provozovatel LDS je povinen dbát na to, aby byly uvnitř LDS vyhotoveny potřebné revize, aby byly ověřeny fakturační elektroměry a aby nehrozilo nebezpečí spojené s provozem LDS. Dále je PLDS povinen informovat o případných odstávkách spojený s údržbou LDS nejpozději 15 dní před plánovanou odstávkou.

Každý provozovatel LDS je dále povinen vypracovat pravidla provozování lokální distribuční soustavy (PPLDS), které schvaluje ERÚ.

Nutné je také, aby PLDS dbal na správnou hodnotu účiníku cosφ. Účiník je dán fázovým posuvem mezi proudem a napětím daného obvodu. Hodnota účiníku spotřebiče se pohybuje od 0 do 1. PLDS se pomocí vhodné kompenzace účiník snaží udržovat co nejblíže hodnotě 1 (0,95–1). V případě nedodržení hodnoty cosφ (cosφ<0,95) je PLDS finančně postihován. Tuto přirážku stanovuje ERÚ na základě aktuálního cenového rozhodnutí. Přirážka je vyplacena provozovateli DS v dané lokalitě. [54; 55; 56; 57]

4. Smart grids

S neustále rostoucí lidskou populací bude v budoucnosti růst i poptávka po elektrické energii. Tuto narůstající poptávku po elektřině bude nutné pokrýt. Jako nejvhodnějším způsobem výroby elektřiny v budoucnu se jeví trend decentralizované výroby poblíž míst spotřeby z obnovitelných zdrojů. Tyto zdroje jsou z velké části závislé na počasí, a tak je jejich výroba nestabilní. Ukládání velkého množství energie je velice náročné a prakticky nemožné, a tak se jeví řízení výroby i spotřeby jako ideální řešení.

Řízení výroby a spotřeby lze provádět pomocí inteligentních sítí tzv. „Smart Grids“. Inteligentní sítě jsou zkonstruovány pro obousměrný přenos elektřiny a komunikace. Díky obousměrnému datovému přenosu umožňují regulovat výrobu a spotřebu elektrické energie v reálném čase. [58; 59]

Hromadné dálkové ovládání (HDO)

HDO je jakýsi předchůdce smart grids. Princip používání je velice jednoduchý a efektivní. Po elektrické síti je přenášen signál o určitém kmitočtu, pomocí kterého lze pomocí stykače spínat a odpínat spotřebiče, u kterých není nutné, aby běžely v určitý čas. V domácnostech se jedná hlavně o spotřebiče, které jsou určené k vytápění (akumulační kamna) nebo k ohřevu teplé užitkové vody (bojlery). Velkoodběratelé s vlastní

transformační stanicí mohou využívat HDO u nevýrobních spotřebičů, jako jsou například klimatizace, nebo systém vodního hospodářství. [60]

Měření

Aby měla smart grids smysl, je nutné mít neustálý přehled o tom kolik je elektřiny do sítě dodáváno a kolik odebíráno. K tomu jsou využívány elektroměry s dálkovým odečtem. Dálkový odečet může probíhat po sběrnici nebo bezdrátově. Záleží na dané aplikaci, jaký typ odečtu uživatel zvolí.

Přenos po sběrnici má zpravidla vyšší pořizovací náklady, ale nižší náklady spojené s provozem. K přenosu se obvykle používá přenos MBus nebo MODBus.

V některých sítích by bylo velmi finančně náročné kabel mezi jednotlivými elektroměry natáhnout, a tak se přistupuje k dálkovým odečtům například v rozhraní IoT. Mezi nejpoužívanější protokoly v měření pomocí IoT je Sigfox a Lora. IoT má problém s dostupností signálu v odstíněných místech (suterény budov apod.).

Díky dálkovému měření a odečtům v reálném čase bude v budoucnu možné využívat dynamické tarify. Díky těmto tarifům nabyde ještě větší význam pojem chytré domácnosti (Smart home). V takových domácnostech si bude moct uživatel nastavit automatické zapnutí či vypnutí spotřebiče v závislosti na aktuálním zatížení sítě. Takovéto řízení by bylo možné pomocí aplikace ve smartphonu a odběratel by tak mohl uspořit za elektřinu. [61; 62]

Zdroje ve smart grids

Do smart grids mohou být zapojeny všechny výrobny elektrické energie. Smart grids vznikají ale proto, aby se do nich mohly umístit „čisté“ zdroje. Tyto čisté zdroje mají ale nestabilní výrobu, a tak se musejí vhodně doplnit jinými zdroji popř. akumulátory.

Mezi zdroje, které jsou vhodné k doplnění fotovoltaiky nebo větrné elektrárny v síti jsou přečerpávající vodní elektrárna, kogenerační jednotka, Paroplynová elektrárna nebo palivový článek. Tedy zdroje, které jsou flexibilní. [25]

Akumulace

Akumulace energie je ve smart grids nutná pro vykrytí špiček jednak ve spotřebě elektřiny, tak ale i v její výrobě. K akumulaci mohou být použity bateriová úložiště, mechanická uložiště energie, nebo lze elektrickou elektřinu uložit chemicky.

Bateriová úložiště

Jednou z možností, jak ukládat elektřinu je jí umístit do velkých baterii. Baterie se umísťují v blízkostech větrných a fotovoltaických elektráren a pomáhají s regulací sítě. V dnešní době existuje několik technologii baterii, které lze k regulaci sítě využít. Mezi nejznámější technologie patří např. Lithium-Iontové (Li-Ion) akumulátory, Sodíko-sírové (NaS), Průtočné baterie nebo Supravodivé indukční akumulátory (SMES).

Na Obrázek 8 je Li-Ion úložiště SIESTORAGE od společnosti SIEMENS v Mydlovarech. Kapacita tohoto úložiště je až 1,75 MWh a reakční doba je do jedné vteřiny.

Obrázek 8 Velkokapacitní úložiště SIESTORAGE v Mydlovarech [63]

Mechanická úložiště

Ukládat elektřinu lze i mechanicky, a to pomocí přečerpávajících vodních elektráren, setrvačníků nebo ve stlačeném vzduchu.

Chemická úložiště

Jako zajímavá možnost uskladnění energie je P2G (Power to Gas). Z přebytečné energie se vyrábí vodík, nebo syntetický metan. Tyto plyny lze poté skladovat, distribuovat a vyrábět z nich zpět elektřinu. [63]

E-mobilita

E-mobilita může mít v aplikaci smart grids velký význam. Elektromobil pomocí své baterie pomáhá udržovat stabilitu sítě.

V případě nabíjení elektromobilu pomocí smart wallboxu je možné nastavit, aby byl automobil dobíjen jen v době, kdy jsou v síti přebytky. Díky této akci se síť zbytečně nepřetěžuje. Do budoucna se počítá, s modelem, kdy by se nejenom v době přebytků automobil dobil, ale pokud by bylo elektřiny v síti nedostatek, automobil by do soustavy elektřinu dodával. [64]

5. Cíl práce

Hlavním cílem diplomové práce je návrh lokální distribuční soustavy elektřiny pro zadanou lokalitu a jeho ekonomické posouzení. Tohoto cíle bude dosaženo naplněním dílčích cílů:

- sestavením literární rešerše mapující způsob navrhování a provozování distribuční soustavy ČR a lokálních distribučních soustav v ČR
- návrh lokální distribuční soustavy elektřiny
- stanovení energetické bilance navrženého technického řešení
- stanovením ekonomických ukazatelů umožňujících posoudit výhodnost navrženého řešení.

6. Metodika práce

6.1 Případová studie

Pro tuto práci byl vybrán projekt LDS, který se nachází v krajském městě v Čechách. LDS je připojena k distribuční soustavě vysokého napětí společnosti ČEZ distribuce a.s.. Projekt LDS navazuje na developerský projekt, při kterém vzniká 7 budov. V těchto budovách bude 275 bytů a 1 773 m^2 nebytových prostor určených ke komerčnímu využití. Byty se jsou o dispozicích 1+kk, 2+kk, 3+kk, 4+kk a mezonety. Dále je v nabídce 254 garážových stání, 97 venkovních parkovacích míst a 58 sklepů. K obsluze mezi jednotlivými patry slouží výtah. Vizualizace projektu je na Obrázek 9.

Obrázek 9 Vizualizace developerského projektu [65]

Dodávka tepla je zajištěna pomocí dálkového vytápění z nedaleké elektrárny. Investici a provoz výměníkové stanice nebude zajišťovat provozovatel LDS. Jedná se o nízkoenergetické domy s energetickým štítkem „B“.

Celá stavba je rozdělena na dvě etapy. Při první etapě budou postaveny budovy A, B a C. V druhé etapě se bude jednat o budovy D, E, F a G.

Před ekonomickým hodnocením investice do LDS je nejprve nutné odhadnout budoucí energetickou bilanci projektu. Na základě těchto podkladů a situace lze navrhnout technické řešení LDS tím určit investiční a provozní náklady. Na základě energetických bilancí lze taktéž vypočítat výnosy z provozu LDS. Po zjištění těchto hodnot lze poté provést samotné hodnocení investice. Jednotlivé postupy těchto operací budou popsány níže.

6.1.1 Energetické bilance

Elektrická energická bilance v LDS bude zjednodušeně spočtena jako součin průměrné elektrické roční spotřeby modelového bytu a počtu bytů. Dále se připočte součin průměrné roční spotřeby nebytových prostor s počtem nebytových prostor. Tuto hodnotu je poté ještě potřeba vynásobit ztrátami ve vedení NN. Tento výpočet vyjadřuje rovnice (1).

$$Roční\ spotřeba = (PB \times \emptyset RSB + PNP \times \emptyset SNP) \times ZV \quad (1)$$

PB	počet bytů
ØRSB	průměrná roční spotřeba bytu
PNP	počet nebytových prostor
ØSNP	průměrná roční spotřeba nebytových prostor
ZV	ztráty ve vedení

6.1.2 Investiční náklady

Investiční náklady lokální distribuční sítě můžeme rozdělit dle fází, kdy jsou investovány.

Přípravná fáze:

- projektová dokumentace
- příprava stavby

Realizační fáze:

- výkop, úpravy a zához
- kabely, trafostanice, elektroměry, další vybavení
- montáže, ostatní práce
- software pro měření a regulaci

6.1.3 Provozní náklady

Provozování každého energetického zařízení s sebou nese průběžné náklady během doby životnosti, tzv. provozní náklady. V případě lokální distribuční sítě se pro vyhodnocení ekonomické efektivity uvažují náklady na opravy a údržbu zařízení. Dále se do provozních nákladu zahrnují personální náklady a náklady spojené s dálkovým odečtem elektroměrů.

Náklady na opravy a údržbu LDS jsou vypsány v **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**.

Tabulka 1 Seznam a četnost úkonů potřebných pro provoz LDS

Úkon	Četnost
Odpojení/připojení OM	dle potřeby
výměna jističe	dle potřeby
revize trafa	1× za 5 let
revize distribučního vedení	dle potřeby
mimořádné revize (navýšení hodnoty jističe v jednotce/..)	dle potřeby
zajištění úředního ověřování elektroměrů	1× za 12 let
oprava havárii/neočekávaných situací (nefunkční elektroměr/překopnutý kabel/vytopená RS/…)	dle potřeby
vizuální kontrola trafostanice/elektroměrů (plomby)	průběžně
odečty elektroměrů v případě poruchy automatických přenosů	1× měsíčně
vedení revizních knih	průběžně
zajištění podkladů pro zprávu o provozování LDS pro ERÚ	1× ročně

Náklady na rezervovanou kapacitu

Výše sazby stanovena dle cenového rozhodnutí ERÚ č. 5/2019 (4.17).

Nákladem lokální distribuční sítě, jako odběrného místa v distribuční soustavě, je poplatek za rezervovanou kapacitu, který se platí za časové období, typicky ročně, a jeho

výška je závislá na velikosti rezervovaného příkonu daného odběrného místa. Za jeho překročení jsou určeny sankce. Poplatek je připisován provozovateli distribuční sítě v dané lokalitě a jeho výši, stejné jako sankci za překročení, určuje cenovým rozhodnutím Energetický regulační úřad. Ceny za rezervovanou kapacitu jsou uvedeny v **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**.

Tabulka 2 Sazby za rezervovanou kapacitu v daných distribučních oblastech [66]

Provozovatel distribuční soustavy	Hladina napětí	Měsíční cena za roční rezervovanou kapacitu v Kč/MW a měsíc	Měsíční cena za měsíční rezervovanou kapacitu v Kč/MW a měsíc
ČEZ Distribuce, a. s	VVN	73 069	81 691
	VN	177 031	197 921
E.ON Distribuce, a.s.	VVN	68 239	76 722
	VN	158 233	177 903
PREdistribuce, a.s.	VVN	73 846	81 413
	VN	190 360	209 867
UCED Chomutov s.r.o	VN	231 631	250 161
SV servisní, s.r.o.	VN	166 697	181 389

Cena za použití sítí

Výše poplatku stanovena dle cenového rozhodnutí ERÚ č. 5/2019 (4.38). Výše poplatku uvedena v **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**.

Tabulka 3 Sazby za použití sítí v daných distribučních oblastech [66]

Provozovatel distribuční soustavy	Hladina napětí	Cena za použití sítí VVN a VN v Kč/MWh
ČEZ Distribuce, a. s	VVN	42,85
	VN	66,79
E.ON Distribuce, a.s.	VVN	58,56
	VN	72,56
PREdistribuce, a.s.	VVN	54,12
	VN	73,83
UCED Chomutov s.r.o	VN	39,84
SV servisní, s.r.o.	VN	77,12

6.1.4 Výnosy v LDS

Příjmy, které inkasuje provozovatel LDS se skládají ze dvou částí. První z nich je stálý měsíční poplatek za příkon. Druhý poplatek je za distribuci. Nejčastěji využívané sazby v domácnostech jsou D 01d a D 02d. Jsou to jednotarifové sazby.

Měsíční výše plateb za jednotlivé velikosti jističů v sazbě D 01d je zobrazena v **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** znázorňuje cenu za distribuované množství elektřiny v jednotlivých distribučních oblastech sazby D 01d. [67]

Tabulka 4 Cena za rezervovaný příkon – Sazba D 01d [67]

	ČEZ	E.ON	PRE
jistič do 3×10 A a do 1×25 A včetně [Kč/měsíc]	11	8	11
jistič nad 3×10 A do 3×16 A včetně [Kč/měsíc]	18	13	18
jistič nad 3×16 A do 3×20 A včetně [Kč/měsíc]	23	17	23
jistič nad 3×20 A do 3×25 A včetně [Kč/měsíc]	29	21	29
jistič nad 3×25 A do 3×32 A včetně [Kč/měsíc]	36	27	36
jistič nad 3×32 A do 3×40 A včetně [Kč/měsíc]	46	34	46
jistič nad 3×40 A do 3×50 A včetně [Kč/měsíc]	57	42	57
jistič nad 3×50 A do 3×63 A včetně [Kč/měsíc]	72	53	72
jistič nad 3×63 A za každý 1 A [Kč/A/měsíc]	1,14	0,84	1,14
jistič nad 1×25 A za každý 1 A [Kč/A/měsíc]	0,38	0,28	0,38

Tabulka 5 Cena za distribuované množství elektřiny - Sazba D 01d [67]

	ČEZ	E.ON	PRE
Kč/MWh	2307,56	2275,62	2167,39

V **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** a jsou zobrazeny měsíční platby za jednotlivé velikosti jističů v daných distribučních oblastech v sazbě D 02d. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** znázorňuje poplatky za distribuované množství elektřiny v sazbě D 02d.

Tabulka 6 Cena za rezervovaný příkon – Sazba D 02d [67]

	ČEZ	E.ON	PRE
jistič do 3×10 A a do 1×25 A včetně [Kč/měsíc]	40	38	39
jistič nad 3×10 A do 3×16 A včetně [Kč/měsíc]	63	61	63
jistič nad 3×16 A do 3×20 A včetně [Kč/měsíc]	79	76	79
jistič nad 3×20 A do 3×25 A včetně [Kč/měsíc]	99	95	98
jistič nad 3×25 A do 3×32 A včetně [Kč/měsíc]	127	122	126
jistič nad 3×32 A do 3×40 A včetně [Kč/měsíc]	158	152	157
jistič nad 3×40 A do 3×50 A včetně [Kč/měsíc]	198	191	197
jistič nad 3×50 A do 3×63 A včetně [Kč/měsíc]	249	240	248
jistič nad 3×63 A za každý 1 A [Kč/A/měsíc]	3,96	3,81	3,93
jistič nad 1×25 A za každý 1 A [Kč/A/měsíc]	1,32	1,27	1,31

Tabulka 7 Cena za distribuované množství elektřiny - Sazba D 02d [67]

	ČEZ	E.ON	PRE
Kč/MWh	1750,91	1831,83	1669,72

6.1.5 Další poplatky v LDS

Mezi další poplatky patří měrný podíl žadatele o připojení na oprávněných nákladech spojených s připojením a zajištěním požadovaného příkonu a výkonu. Struktura a hodnota těchto poplatků je zobrazena v **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** a **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**.

Tyto poplatky jsou určeny dle vyhlášky č. 51/2006 Sb. a jsou hrazeny pouze v momentě připojení k DS/LDS nebo při navýšení příkonu/výkonu.

Tabulka 8 Měrný podíl žadatele na připojení za rezervaci příkonu. [68]

Místo připojení k napěťové hladině	Způsob připojení	Měrný podíl žadatele
přenosová soustava		200000 Kč/MW
distribuční soustava VVN	Typ A	600000 Kč/MW
distribuční soustava VVN	Typ B	150000 Kč/MW
distribuční soustava VN	Typ A	800000 Kč/MW
distribuční soustava VN	Typ B1	200000 Kč/MW
distribuční soustava NN	3 fázové připojení	500 Kč/A
distribuční soustava NN	1 fázové připojení	200 Kč/A

Tabulka 9 Měrný podíl žadatele na připojení za rezervaci výkonu [68]

Místo připojení k napěťové hladině	Způsob připojení	Měrný podíl žadatele
přenosová soustava		500000 Kč/MW
distribuční soustava VVN	Typ A	1200000 Kč/MW
distribuční soustava VVN	Typ B	150000 Kč/MW
distribuční soustava VN	Typ A	640000 Kč/MW
distribuční soustava VN	Typ B	150000 Kč/MW
distribuční soustava NN	3 fázové připojení	500 Kč/A
distribuční soustava NN	1 fázové připojení	200 Kč/A

Připojení Typu A je takové připojení, kdy musí provozovatel DS rozšířit své vedení až do předávacího místa, kterým je např. trafostanice nebo rozvodna žadatele o připojení.

Připojení Typu B je takové připojení, které nesplňuje podmínky připojení typu A.

Pokud se jedná o LDS bez výrobny elektřiny, platba za měrný podíl žadatele o připojení na oprávněných nákladech spojených s připojením se platí pouze za příkon. V případě, že bude v LDS i výrobna platba bude jak za příkon, tak za výkon.

Provozovatel LDS v praxi tedy hradí provozovateli DS poplatek za rezervaci příkonu (v Kč/MW) a od odběratele vybírá poplatek za velikost jističe (Kč/A), přes který je odběratel připojen k LDS. [68]

Navýšení/Snížení příkonu

Jestliže chce odběratel navýšit příkon je povinen zaplatit PLDS poplatek úměrný navýšení příkonu. V případě snížení příkonu se žádný poplatek nehradí (ani nevrací). Pokud by odběratelé chtěli navýšit svůj příkon tak, že by překročil nasmlouvaný příkon PLDS je nutné, aby i PLDS navýšil svůj příkon u PDS, jinak mu hrozí pokuty. [55]

6.2 Ekonomické metody pro hodnocení investic

Ekonomické metody pro hodnocení investic se rozdělují na statické a dynamické. Zdali je vhodnější využít statické, nebo dynamické metody záleží na různých parametrech daného projektu.

Statické metody neberou v potaz faktor času a využívají se spíše pro méně důležité a krátkodobé projety. Mezi tyto metody patří např. doba návratnosti (Payback Period) nebo průměrný roční výnos (Average Annual Return).

Dynamické metody naopak zohledňují faktor času a riziko, jsou proto aplikovány na dlouhodobých a významnějších projektech. V praxi se nejvíce používá čistá současná hodnota (Net Present Value) a vnitřní výnosové procento (Internal Rate of Return).

V této práci budou aplikovány dvě metody hodnocení investic. Vzhledem k předpokladu, že bude projekt dlouhodobý a finančně náročnější byly zvoleny dvě metody dynamické.

Čistá současná hodnota (NPV – Net Present Value)

Čistá současná hodnota je jedním z nejvíce používaných finančních ukazatelů. Tato metoda je aplikována na dobu životnosti projektu. Bere v úvahu časovou hodnotu peněz.

Vzorec pro výpočet:

$$NPV = \sum_{T=0}^{n} \frac{CF_t}{(1+r)^t} - IN \tag{2}$$

kde:

NPV	čistá současná hodnota
CF_t	peněžní příjem v daném roce
n	doba životnosti projektu
IN	pořizovací cena investice
r	úroková míra pro diskontaci

Výsledná hodnota udává, kolik peněz realizace projekt investorovi přinese. Pokud vyjde NPV kladně, je projekt přípustný. V opačném případě je projekt nepřijatelný. V případě srovnání s jinými projekty je preferován ten s nejvyšší NPV. NVP lze snadno vypočítat v tabulkových editorech např. pomocí funkce ČISTÁ.SOUČHODNOTA v MS Excel.

Vnitřní výnosové procento (IRR – Internal Rate of Return)

Vnitřní výnosové procento je ukazatel pro relativní výnos (rentabilitu), kterou projekt během své životnosti poskytuje.

Výpočet:

$$0 = \sum_{t=0}^{n} \frac{CF_t}{(1 + IRR)^t} \tag{3}$$

IRR	vnitřní výnosové procento
CFt	peněžní příjem v daném roce
n	doba životnosti projektu

IRR je diskontní sazba, při které je NPV rovna nule. Čím vyšší je IRR, tím vyšší je návratnost investice. IRR lze použít pouze u investic s takovými peněžními toky, kdy se znaménko u finančních toků v jednotlivých obdobích mění pouze jednou. V opačném případě nelze IRR použít. Nejsnadněji lze IRR vypočítat v tabulkových editorech např. pomocí funkce MÍRA.VÝNOSNOSTI v MS Excel. [69; 70]

7. Výsledky

7.1 Stanoví energetické bilance navrženého technického řešení

Spotřeba

Roční spotřeba v LDS se vypočítá dle rovnice (1). Nejčastěji vyskytující byty v projekt jsou o dispozici 2 + kk a 3 + kk o výměrech mezi 50 m^2 a 90 m^2. Vytápění je zajištěno přes CZT. V bytech není zavedený plyn, a tak kuchyňské spotřebiče budou na elektřinu. Pro účely kalkulace tedy budeme předpokládat roční spotřebu 2,5 MWh elektrické energie. Tato hodnota byla spočtena na příkladu modelové domácnosti na stránkách https://www.elektrina.cz. [71]

Nebytové prostory budou dle dnes již známých majitelů osídleny kancelářemi, zdravotnickými centry a obchody. Jelikož je toto portfolio velmi pestré není snadné odhadnout výsledné spotřeby. Bude se tedy předpokládat, že roční spotřeba jednoho nebytového prostoru 4,5 MWh elektrické energie.

Co se týče spotřeby společných prostor, do kterých bude patřit převážně spotřeba osvětlení a výtahů se předpokládá spotřeba 4,5 MWh elektrické energie.

Dále se bude počítat se ztrátami v elektrickém vedení. Hodnotu těchto ztrát byla odhadnuta na 2,5 % na základě předchozích zkušeností provozovatele LDS z jiných obdobných projektů.

Při první etapě budou dokončeny 3 budovy, ve kterých se bude nacházet 114 bytů a 10 nebytových prostor.

$$Celková\ roční\ spotřeba_{1.etapa} = 352{,}088\ MWh$$

Při druhé etapě budou dokončeny zbylé 4 budovy a celkem tedy bude k LDS připojeno 275 bytů a 14 nebytových prostor.

$$Celková\ roční\ spotřeba_{celkem} = 801{,}550\ MWh$$

Hodnoty 352,088 MW a 801,550 MW znázorňují vypočítané množství elektřiny, kterou distributor bude PLDS odebírat z DS.

Rezervovaná kapacita

Pro LDS z této případové studie budeme uvažovat, že jedno obydlené odběrné místo (byt) bude mít maximální čtvrthodinový příkon 1,5 kW. Maximální elektrický příkon nebytových prostor bude 4 kW. Jestliže by byly tyto hodnoty současně u více odběrných míst vyšší, bude do tohoto modelu vstupovat faktor toho, že nebytové prostory budou převážně v provozu během pracovní doby (8:00-16:00). V tuto dobu bude většina obyvatel mimo svá obydlí v práci či ve škole.

Hodnoty maximálního čtvrthodinového odběru byly ověřeny měřením na obdobných odběrných místech pomocí dálkových odečtů a bylo zjištěno, že uvažované hodnoty v této práci jsou reálné. Maximální naměřený soudobý čtvrthodinový odběr byl v bytech naměřen 0,275 kWh. Což je v přepočtu na příkon 1,1 kW. Co se týče nebytových prostor tak byl naměřen maximální soudobý odběr 1 kWh. V přepočtu na příkon se jedná o hodnotu 4 kW.

Rezervovaná kapacita v LDS bude sjednána roční, jelikož se nepředpokládá výrazné kolísání odběrů během roku.

$$Roční\ rezervovaná\ kapacita_{1.etapa} = 114 \times 1{,}5 + 13 \times 4 = 223\ kW$$

$$Roční\ rezervovaná\ kapacita_{celkem} = 275 \times 1{,}5 + 21 \times 4 = 496{,}5\ kW$$

Výpočty znázorňují předpokládaný maximální čtvrthodinový příkon v celé LDS během první etapy i po dokončení stavby. Rezervovaná kapacita, kterou PLDS sjedná s PDS, bude 0,250 MW pro první etapu a 0,500 MW po dokončení celé stavby. V těchto hodnotách je i malá rezerva, pokud by byly odběry vyšší, než bylo spočítáno. V případě, že by po realizaci stavby byly reálné hodnoty jiné, je možné každý rok jednou upravit rezervovanou kapacitu na požadovanou novou hodnotu případně lze každý měsíc sjednat vyšší měsíční rezervovanou kapacitu.

Rezervovaný příkon

Rezervovaný příkon je hodnota průměrného čtvrthodinového elektrického příkonu, kterou při odběru nelze překročit. Překročení rezervovaného příkonu může ohrozit spolehlivost distribuce elektrické energie i pro další odběratele.

Hodnotu rezervovaného příkonu stanovíme stejnou jako hodnotu rezervované kapacity tj. 0,250 MW pro první etapu a 0,500 MW po dokončení stavby.

7.2 Návrh lokální distribuční soustavy pro zadanou lokalitu

Na základě energetických bilancí v předchozí podkapitole lze navrhnout parametry Lokální distribuční soustavy (trafostanice 35/0,4 kV, dimenzi vodičů, osazení elektroměrů...).

Návrh vhodné trafostanice a kabelových rozvodů NN neřešil autor této práce, ale autorizovaný inženýr pro technologická zař. staveb p. Ing. Zdeněk Hanzlík ze společnosti HZ – PARTNER s.r.o. V Příloha 1 je přiložena situace.

Trafostanice 35/0,4 kV

Trafostanice bude monolitická betonová typu Betonbau UF3042 + UF3048. Trafostanice bude osazena transformátory o výkonu 2×630 kVA.

Kabelové rozvody NN

Všechny vedení jsou navržena jako podzemní kabelová vedení ve společných trasách s dalšími inženýrskými sítěmi.

Vedení bude realizováno kabely 1-NAVY 4×240mm^2 uloženými v pískovém loži v hloubce 0,8 m. Vedení bude kryté výstražnou folii a v místech pod komunikacemi bude vedení umístěno v korugovaných chráničkách.

Celkem bude realizováno 260 m výkopů, kde bude uloženo 780 m kabelu NAVY 4×240.

Elektroměry

Elektroměry pro tento projekt byly vybrány od společnosti Logarex. Typ komunikace bude realizován bezdrátově skrze IoT síť LoRa. LoRa byla vybrána z důvodu, že je v každém patře bytového domu vlastní elektrická rozvodna. Pomocí IoT sítě bude snadnější elektroměry z rozdílných umístění v rámci celého projektu propojit.

Z důvodu výběru bezdrátového připojení klesnou investiční náklady. Provozní náklady budou naopak vyšší.

Software pro odečítání elektroměrů

Elektroměry odesílají svá data na úložiště provozovatele IoT sítě. Z tohoto serveru si data stahuje a zpracovává systém Mervis SCADA. Skrze tento cloudový systém poté provozovatel LDS má přehled o všech spotřebách v dané LDS. Systém slouží i jako reportingový a lze z něj vyexportovat data, které se následně využijí pro fakturaci konečným zákazníkům za odebranou elektřinu.

7.2.1 Náklady v LDS

V této podkapitole budou popsány jednotlivé náklady za provoz LDS, které poté budou vstupovat do následného hodnocení investic.

Tato podkapitola je zjednodušena a nenachází se v ní výpočty pro platbu OTE, pro platbu za systémové služby VN a za složku ceny na podporu elektřiny z podporovaných zdrojů energie VN. Jelikož se tyto položky nenacházejí ani v podkapitole

Výnosy v LDS a tak tyto položky nemají zásadní vliv na posouzení vhodnosti investice.

Investiční náklady

Mezi investiční výdaje spadají všechny výdaje použité na výstavbu LDS. V přípravné fázi projektu jsou investičními náklady projektová dokumentace a náklady na přípravu stavby. Po přípravné fázi následuje fáze realizační, kdy bude potřeba vylít základní desku pro trafostanici. Po vylití desky se trafostanice na desku umístí a osadí se komponentami pro transformaci elektřiny. Dále je potřeba natáhnout vodiče z trafostanice do jednotlivých domovních rozvaděčů. Bytové rozvaděče se osadí příslušnými jističi a elektroměry.

Na závěr je potřeba vyřešit přenos dat z elektroměru do systému a také je nutné vyřešit administrativu, která se týká například věcných břemen. V **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** jsou vyčísleny jednotlivé položky. V položce „Ostatní náklady“ je zahrnuta i cena za nákup obchodní příležitosti.

Tabulka 10 Investiční nálady

	Počet [Ks]	Cena [Kč/Ks]	Cena celkem [Kč]
Projektová dokumentace	1	200 000	200 000
Příprava stavby	1	250 000	250 000
Trafostanice včetně montáže	1	2 500 000	2 500 000
Výkopy/folie/záhozy	260	950	247 000
Kabel Navy 4x240	780	600	468 000
Elektroměr + montáž	296	2 450	725 200
Ostatní náklady	1	2 700 000	2 700 000
Celkem			7 090 200

Náklady na rezervovanou kapacitu

Náklady na rezervovanou kapacitu stanovíme tak, že vynásobíme rezervovanou kapacitu cenou za rezervovanou kapacitu a počtem měsíců v roce.

$$Náklady\ na\ RK_{1.etapa} = 0{,}250 \times 177031 \times 12 = 531\,093\ \frac{Kč}{rok}$$

$$Náklady\ na\ RK_{celkem} = 0{,}500 \times 177031 \times 12 = 1\,062\,186\ \frac{Kč}{rok}$$

Cena za použití sítí

Cena za použití sítí je vypočítaná jako součin skutečně odebrané elektřiny z DS a ceny za použit sítí stanovené ERÚ.

$$Cena\ za\ použití\ sítí_{1.etapa} = 352088 \times 66{,}79 = 23\,516\ \frac{Kč}{rok}$$

$$Cena\ za\ použití\ sítí_{celkem} = 801550 \times 66{,}79 = 53\,536\ \frac{Kč}{rok}$$

Náklady na opravy a údržbu LDS

Náklady na provoz LDS vycházejí z **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**. Na vykonávání těchto prací bude najata specializovaná firma, která má zkušenosti s úkony, které bude v LDS potřeba provádět. Tato firma bude úkony podle potřeby a bude za ně náležitě odměněna. Odhaduje se, že roční náklady na údržbu nepřekročí 50 000 Kč. Jednou za 5 let bude provedena revize trafostanice + budou zkontrolovány a případně opraveny další součásti LDS. Předpokládá se, že tato akce vyjde na 100 000 Kč. Jednou za 12 let musí být

ověřeny elektroměry. Pokud by elektroměr nesplnil požadavky na přesnost, musí být nahrazen elektroměrem, který tyto požadavky splní. Jednou za 12 let by tato údržba měla vyjít na maximálně 200 000 Kč.

Dále bude do nákladů vstupovat platba za bezdrátové připojení elektroměrů v síti LoRa. Cena za připojení jednoho odběrného místa (elektroměru) byla dohodnuta s provozovatelem sítě LoRa na 15 Kč/měsíc.

$$Roční\ náklady\ na\ připojení\ OM_{1.etapa} = (114 + 13) \times 15 \times 12 = 22\,860\ Kč$$

$$Roční\ náklady\ na\ připojení\ OM_{celkem} = (275 + 21) \times 15 \times 12 = 53\,280\ Kč$$

7.2.2 Výnosy v LDS

V případové studii byly nejprve stanoveny hodnoty jističe, a to na hodnotu 3 × 20A a poté byly porovnány jednotlivé distribuční tarify vhodné pro zákazníky. Pro byty bylo vybíráno mezi D 01d a D 02d. Tyto tarify byly vybrány díky způsobu vytápění, kterým je vytápění dálkové. Porovnání se provádělo tak, že se vypočítala odebraná elektrická energie a spočítal se pro ni distribuční poplatek. Nižší distribuční poplatek vždy vyšel pro zákazníka výhodnější v tarifu D 02d.

Stejný postup byl aplikován i u ostatních nebytových prostor, kde byla zvolena velikost jističe 3 × 40 A. Vybíráno bylo mezi distribučními tarify C 01d a C 02d, které jsou určeny pro podnikatele. Zde vyšel lépe distribuční tarif C 02d.

Tato podkapitola je zkrácena o výpočet platby POZE, platby OTE a platby za systémové služby. Tyto platby mají stejně jako v předchozí kapitole „Náklady v LDS“ zanedbatelný vliv na posouzení investice.

Stálý plat za příkon

Stálý poplatek za příkon neboli lidově platba za jistič je spočítán jako součet všech součinů poplatků za jednotlivou hodnotu jističe v daném distribučním tarifu a počtu měsíců v roce.

$$Stálý\ plat\ za\ příkon_{1.etapa} = (114 \times 102 + 13 \times 252) \times 12 = 178\,848 \frac{Kč}{rok}$$

$$Stálý\ plat\ za\ příkon_{celkem} = (275 \times 102 + 21 \times 252) \times 12 = 400\,104 \frac{Kč}{rok}$$

Platba za distribuované množství elektřiny

Platba za distribuované množství energie dáno součinem odebrané elektřiny konečnými odběrateli a poplatkem za distribuci v daném distribučním tarifu. Skutečně odebraná elektřina konečnými odběrateli je tedy elektřina bez ztrát ve vedení uvnitř LDS.

$$Platba\ za\ distribuci_{1.etapa} = 114 \times 2{,}5 \times 1772{,}51 + 13 \times 4{,}5 \times 2269{,}23$$
$$= 637\,915\ \frac{Kč}{rok}$$

$$Platba\ za\ distribuci_{celkem} = 275 \times 2{,}5 \times 1772{,}51 + 21 \times 2269{,}23$$
$$= 1\,560\,0960\ \frac{Kč}{rok}$$

7.2.3 Poplatky za připojení

Poplatky za připojení k DS

Provozovatel LDS uhradí distributorovi měrný podíl na oprávněných nákladech spojených s připojením a zajištěním požadovaného příkonu. Poplatek je určen jako součin rezervovaného příkonu a příslušné hodnoty z **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**.

$$Poplatek\ za\ připojení_{vn_{1.etapa}} = 0{,}25 \times 800\,000 = 200\,000\ Kč$$

$$Poplatek\ za\ připojení_{vn_{2.etapa}} = 0{,}25 \times 800\,000 = 200\,000\ Kč$$

$$Poplatek\ za\ připojení_{vn_{celkem}} = 200\,000 + 200\,000 = 400\,000\ Kč$$

Poplatky za připojení k LDS

Každý odběratel bude hradit provozovateli LDS poplatek za měrný podíl na oprávněných nákladech spojených s připojením a zajištěním požadovaného příkonu. Poplatek je určen dle počtu fází a velikosti jističe. V jednofázovém Připojení se hradí poplatek za připojení za každý 1 Ampér 100 Kč. V případě třífázového připojení je tento poplatek 500 Kč za 1 Ampér.

V distribuční soustavě z případové studie je zapojeno 275 odběrných míst s jističem 3 × 20 A a 21 odběrných míst s jističem 3 × 32 A.

$$Poplatek\ za\ připojení_{nn_{1.etapa}} = 114 \times 20 \times 500 + 13 \times 32 \times 500 = 1\,348\,000\ Kč$$

$$Poplatek\ za\ p\check{r}ipojen\acute{i}_{nn_{2.etapa}} = 161 \times 20 \times 500 + 8 \times 32 \times 500 = 1\,738\,000\ K\check{c}$$

$$Poplatek\ za\ p\check{r}ipojen\acute{i}_{nn_{celkem}} = 1\,348\,000 + 1\,738\,000 = 3\,086\,000\ K\check{c}$$

7.3 Ekonomické ukazatele dovolující posoudit výhodnost navrženého řešení.

Na základě odhadnutých bilancí a následné kalkulace nákladů a výnosů lze přistoupit k dalšímu kroku a rozhodnout se, zdali je tento projekt ekonomicky přípustný.

Vstupní hodnoty

Investiční náklady	Náklady na výstavbu LDS.
Výnosy	Tržby za rezervaci stálého příkonu, za distribuované množství elektřiny a za případné navýšení rezervovaného příkonu.
Provozní náklady	Platba za RK, za použití sítí, platba za IoT odečty, opravy a další provozní náklady.
Odpisy	Zařízení LDS patří do odpisové skupiny 4 (doba odepisování 20 let).
Daň z příjmu	Daň z příjmu právnících osob činí v ČR 19 % (k 27 .3. 2020).
Inflace	Pro výpočet ekonomických ukazatelů bylo kalkulováno s 3 % meziroční inflací.
Úroková míra pro diskontaci	tato hodnota je odhadnuta na 7 %.

Všechny tyto hodnoty pro jednotlivé roky jsou znázorněny v Příloha 2. Doba životnosti projektu byla určena na 20 let. Vzhledem k takto dlouhé době životnosti projektu se předpokládá, že bud mít inflace vliv na budoucí náklady i výnosy. Ve studii jsou tedy uvedeny nominální budoucí peněžní toky, tedy peněžní toky zahrnující inflaci.

7.3.1 Čistá současná hodnota (NPV)

Výše uvedené hodnoty byly zapsány do MS Excel (Příloha 2) a pomocí funkce pro vpočet čisté současné hodnoty (ČISTÁ.SOUČHODNOTA) bylo vypočítáno následující:

$$NPV = \sum_{t=0}^{n} \frac{CF_t}{(1+r)^t} - IN = \ 2\,858\,548\ Kč$$

Čistá současná hodnota u tohoto projektu vyšla kladná, to znamená, že je projekt přípustný a investor může tento projekt zrealizovat.

Hodnoty CF_t pro jednotlivé roky, byly odhadnuty na základě předchozích výpočtů v kapitolách 7.2.1 až 7.2.3. K těmto hodnotám byla připočtena inflace ve výši 3 % ročně. Cenová rozhodnutí ERÚ pro jednotlivé roky s určitou mírou inflace kalkulují. Dá se předpokládat, že se o inflaci zvednou i ostatní položky v předpokládaných nákladech a výnosech projektu.

Hodnota IN je vyčíslena v Tabulka 10. Jedná se o částku 7 090 200 Kč, tedy o celkovou výši investice, kterou musí investor pro uvedení do provozu LDS vydat.

7.3.2 Vnitřní výnosové procento (IRR)

V MS Excel stejně jako u NPV bylo vypočítáno i vnitřní výnosové procento. Pro tento výpočet byla použita funkce „MÍRA.VÝNOSNOSTI“. Hodnota IRR pak vyšla následovně:

$$0 = \sum_{t=0}^{n} \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} \rightarrow IRR = 12{,}18\ \%$$

Vnitřní výnosové procento, tedy diskontní faktor, při kterém se NPV rovná nule, je pro tento projekt LDS 12,18 %.

7.3.3 Vyhodnocení ekonomického hodnocení investice

Za podmínky že by se investor rozhodoval mezi více projekty a chtěl investovat pouze do jednoho vybral by si ten, kde vyjde NPV i IRR vyšší. Takovýto projekt by investorovi přinesl nejvyšší zhodnocení počáteční investice.

V tomto případě, kdy se případný investor bude rozhodovat, pouze zdali projekt uskutečnit nebo ne lze na základě výpočtů doporučit investici provést. Investorovi tato investice přinese 2 858 548 Kč. Hodnota vnitřního výnosového procenta je 12,18 % a udává, kolik procent na daném projektu investor vydělá.

7.4 Návrh implementace Smart grids v LDS

V této podkapitole bude popsáno několik možných návrhu smart grids, které lze snadno realizovat uvnitř LDS z případové studie. Základem implementace je mít monitorovaný odběr i výrobu v reálném čase pomocí smart elektroměrů. Elektroměry budou připojeny do systému pro řízení spotřeby a výroby energie (EMS). Tento systém bude řídit spotřebu a výrobu elektřiny.

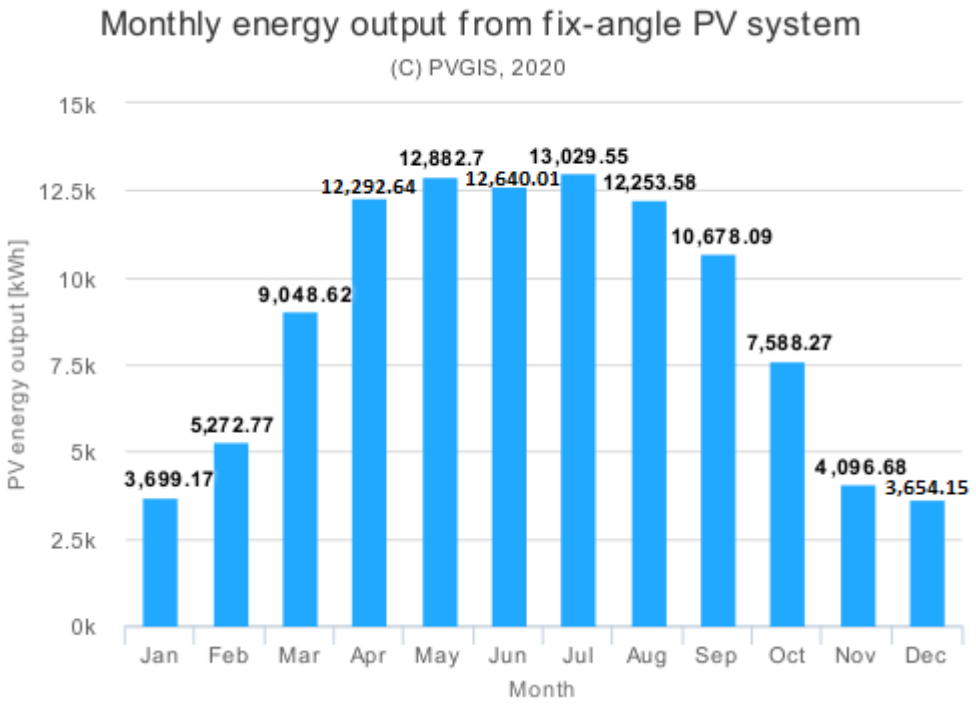
Fotovoltaická elektrárna

Instalace fotovoltaických panelů společně s vhodným bateriovým úložištěm může mít na LDS několik pozitivních vlivů. Nejenom, že budou odběratelé odebírat zelenou elektřinu, a tak přispívat k udržitelnosti planety, ale tato instalace může být i ekonomicky výhodná pro provozovatele LDS. V případě výběru vhodné konfigurace panelů a bateriového úložiště založené na předchozím měření odběrů v LDS lze v slunných měsících snížit rezervovanou kapacitu soustavy, a tak i snížit náklady na provoz. Jestliže by se stal provozovatel LDS i investor a provozovatel FVE bude mít tržby z prodeje vyrobené elektřiny.

Na střechách rezidence se nachází celkem 2 800 m^2 využitelných ploch, na které lze nainstalovat až 1600 ks fotovoltaických panelů o výkonu 250 Wp. Celkový výkon FVE by tedy mohl být až 400 kWp, které by ročně mohli vyrobit kolem 400 MWh elektrické energie. Takovéto množství elektrické energie je přibližně polovina celkové spotřeby v LDS.

Instalace fotovoltaiky je ekonomicky nejvíce výhodná, pokud elektřinu její výrobce přímo spotřebuje. Jelikož je tento druh výroby elektřiny nestabilní je vhodné ho doplnit o bateriové úložiště, které výrobu stabilizuje.

Navržená FVE pro tuto případovou studii bude o výkonu 100 kWp, což představuje zhruba 25% kapacity střešní plochy rezidence. FVE bude realizována pomocí panelů z monokrystalického křemíku. Pomocí aplikace PVGIS bylo vypočteno, že celkem tato konfigurace FVE v lokalitě LDS vyrobí asi 107 MWh elektrické energie ročně. Dále tato aplikace vypočítala optimální náklon fotovoltaických panelů, který bude 38 º s azimutem -3 º. Na Graf 4 je znázorněno, kolik FVE vyrobí elektřiny v daném měsíci. Nejvíce elektřiny vyrobí FVE v měsíci červenec, kdy vyprodukuje více jak 13 MWh elektrické energie. Nejméně naopak v prosinci, kdy se tato hodnota pohybuje pod 3,7 MWh.



Graf 4 Výroba FVE pro jednotlivé měsíce v roce

Vzhledem k faktu, že bude FVE disponovat výkonem 100 kWp a vyrábět bude pouze ve dne, kdy by měly být zajištěny dostatečné odběry, nemusí se v tomto případě řešit akumulace vyrobené elektřiny.

Odhadované náklady na vybudování FVE jsou 4 mil. Kč. [72; 73] Investor má možnost zažádat o podporu v programu OPPIK: „*Úspory energie – Fotovoltaické systémy s/bez akumulace pro vlastní spotřebu*“. V případě, že by tento projekt investoval velký podnik byla by výše podpory (výzva III. z roku 2020) 30-60 % z prokázaných způsobilých výdajů. [74]

Jestliže by byla výše podpory 50 % zaplatil by investor za FVE zhruba 2. mil Kč. Při ceně 5 Kč za kWh elektřiny a roční výrobě 107 MWh elektřiny by byla návratnost investice FVE přibližně 4 roky.

Pokud by projekt nesplnil požadované bodové ohodnocení a podpora nebyla získána, investor za instalaci FVE zaplatí 4 mil. Kč a návratnost bude kolem 8 let.

Kogenerace

Vzhledem ke způsobu vytápění není instalace kogenerační jednotky v tomto případě vhodná. Pokud by ceny tepla z dálkového vytápění v budoucnosti stouply, případně by byla odstavena uhelná elektrárna, ze které je dálkové topení zajištěno bylo by možné uvažovat o vytápění lokálním.

Jednou z možností by mohlo být vybudování lokální kotelny, ve které by byla umístěna kogenerační jednotka a kotle. Z této kotelny by byly vytápěny všechny bytové domy. Dalo by se využít již vybudovaných teplovodů a předávacích stanic. Na současnou technologii by se tedy napojili rozvody z kotelny. Nevýhodou by mohlo být vybudovaní samotné kotelny, která by se pravděpodobně musela nacházet mimo objekt.

Další možnost by mohla být vybudovat malou kotelnu s mikrokogenerací a kotlem v každém bytovém domě. Pokud by se v bytovém domě nacházeli nevyužívané nebytové prostory mohl by být tento způsob řešení vhodnější. Výhodou by byla snazší regulace výroby, z důvodu více menších zdrojů. Velice by ale záleželo na energetických bilancích, ekonomické náročnosti a požadavcích odběratelů.

Součástí kogeneračních jednotek by byly nádoby určené k akumulaci tepelné energie vyrobené jednotkou. Díky této akumulaci by mohla jednotka vyrábět elektřinu kdykoliv a přispívat tak k regulaci v síti.

Dobíječka E-mobilita

V případě, že bude vlastnit některý z obyvatel rezidence elektromobil, je možné k jeho parkovacímu místu nainstalovat dobíjecí smart Wallbox, pomocí kterého bude jeho e-mobil dobíjen. Wallboxy by byly napojeny na EMS a tak by nabíjení mohlo probíhat v době, kdy není v síti takový odběr, což by mělo pomáhat udržovat stabilitu sítě a nehrozilo by překročení rezervované kapacity.

Odložený start spotřebičů

Základní myšlenkou této technologie je motivace odběratelů k pořízení Smart spotřebiče, které budou pracovat v době přebytků elektrické energie v síti. Mezi tyto spotřebiče by mohla patřit například pračka, sušička, myčka nádobí, nebo v omezeném modu chladnička či mrazák. Čím více spotřebičů by bylo do systému zapojeno, tím by vznikl větší prostor pro řízení.

Důležité je, aby developer o možnosti využití smart grids informoval kupující bytů co nejdříve a případně jim následně pomohl s výběrem vhodných spotřebičů. Díky tomuto kroku by začala smart grids fungovat na určité úrovni ihned po dokončení výstavby a předání bytů.

8. Diskuse a závěr

Elektřina je s lidstvem spjata několik desetiletí a jinak tomu nebude ani v budoucnosti. Spotřeba elektřiny neustále stoupá a současný způsob její výroby a distribuce pravděpodobně nebude dříve či později stačit. Dalším trendem směrem do budoucnosti je snižování emisí skleníkových plynů při výrobě elektřiny. Vzhledem k tomu, že většina zdrojů, které vyrábí „zelenou“ elektřinu, je nestabilních a závislých na počasí, musí se společnost naučit s těmito zdroji zacházet.

Se snižováním emisí skleníkových plynů a elektřinou souvisí i elektromobilita. Pokud by se ukázalo, že elektromobilita je správná cesta a v budoucnosti by došlo k hromadnému nasazení elektroaut nastává otázka, zdali současná elektroenergetická soustava tento nárůst spotřeby fyzicky zvládla.

Jedním ze způsobů, jak lze tuto situaci řešit je decentralizace výroby. Elektřina bude spotřebovávaná v místě její výroby a tím se nebude přetěžovat soustava. Aby k tomuto jevu mohlo docházet, je potřeba řídit výrobu a spotřebu v daném místě. Tohoto řízení se dá docílit pomocí tzv. smart grids. Prostřednictvím smart grids bude monitorována výroba z obnovitelných zdrojů připojených k síti. Na základě tohoto monitorování a predikce následného vývoje výroby budou řízeny další zdroje, akumulátory či spotřebiče elektřiny v síti.

Všechno ale může být jinak. Na trhu se může objevit jiný zdroj, který zvládne vyrobit tolik energie, že pokryje všechny potřeby lidstva. Jedním z těchto zdrojů by mohl být fúzní reaktor, který by teoreticky vyráběl neomezené množství čisté elektřiny. Takto vyráběná elektřina by byla levná a v případě jejího nadbytku v síti by se s její pomocí mohly vyrábět další produkty, jako je třeba vodík. Na vodík by poté mohly jezdit některé dopravní prostředky, což by také snižovalo množství emisí vypouštěných člověkem do ovzduší. Vodík lze pomocí palivových článků transformovat zpět na elektřinu. Při této transformaci vzniká jako vedlejší produkt i teplo, kterým by šlo poté dále využít například k vytápění, nebo k ohřevu teplé užitkové vody. Pokud by se vodík vyráběl poblíž místa výroby elektřiny a distribuoval např. pomocí upravených plynovodů, nezatěžovala by tato distribuce elektrickou síť.

Téma jaderné fúze, případně jiných druhů neomezených čistých zdrojů elektřiny je pravděpodobně „hudbou vzdálené budoucnosti“. V nadcházejících letech bude probíhat patrně k implementaci smart grids, které budou součástí smart cities.

Ke jednoduší implementaci smart grids může docházet uvnitř lokálních distribučních soustav. Snáz dochází k implementaci proto, protože je LDS menší celek a také proto, že má provozovatel LDS zpravidla blíže k odběratelům. Díky těmto faktorům provozovatel LDS pružněji reaguje na současné trendy. LDS lze také snadněji doplnit o fotovoltaiku, nebo o kogenerační jednotku, neboť sdružuje větší množství odběratelů a vyrobená elektřina tak má dostatečný odběr.

Velmi zajímavě se LDS jeví také jako Business. Důvod, proč vznikají LDS je následující. Provozovatel LDS odebírá elektřinu z DS za velkoobchodní cenu a svým odběratelům distribuuje za cenu maloobchodní. Odběratel většinou tedy rozdíl mezi odběrem z DS a LDS nezaznamená. V případě vzájemné dohody mezi PLDS a odběratelem může být elektřina distribuována se slevou. Tato situace ale nastává zřídka, poněvadž zřízení LDS je poměrně nákladná záležitost a výraznější sleva může celou tuto investici zhatit.

Cíle této práce byly splněny. V diplomové práci je čtenářovi nejprve představena elektroenergetická soustava v České republice. Dále je v rešeršní části práce popsána lokální distribuční soustava a základní prvky smart grids.

V metodice práce je popsána lokalita, ve které bude navržena LDS. V následující části je vysvětleno, jakým postupem lze odhadnout energetické bilance odběrů elektřiny dané lokality. Posléze se čtenář dozví, jaké náklady a výnosy jsou spojeny s provozováním LDS a následně jsou v práci představeny ekonomické metody umožňujících posoudit výhodnost navrženého řešení.

V praktické části práce jsou tyto metody aplikovány a vyhodnoceny. Nejprve jsou odhadnuty energetické bilance, poté je navrženo technické řešení realizace LDS. Následně jsou spočteny náklady a výnosy na základě předešlých odhadnutých bilancí a technického řešení. Všechny tyto údaje byly zaznamenány do tabulkového editoru MS Excel a pomocí funkcí k výpočtu čisté současné hodnoty a vnitřního výnosového procenta, tedy dvou standartně používaných metod pro výpočet ekonomického hodnocení investic, bylo zjištěno, že investice do LDS z případové studie je přípustná. Investorovi by tento projekt přinesl dle

čisté současné hodnoty 2 858 548 Kč. Vnitřní výnosové procento vyšlo v tomto případě 12,18 %.

Společnosti, které se zabývají obdobnými investicemi mají interní pravidla pro výběr investic, do kterých budou investovat. V těchto interních pravidlech je například stanoveno minimální vnitřní výnosové procento, při kterém se do investice pustí.

Poslední úsek praktické části této diplomové práce se zabývá návrhem implementace smart grids v LDS z případové studie. Jsou zde popsány některé možnosti, které lze v této LDS po její realizaci aplikovat. Jako praktický příklad je uvedena FVE o výkonu 100 kWp. Velikost této instalace byla odhadnuta na základě předpokládaných odběrů tak, aby se všechna elektřina bez nutnosti akumulace spotřebovala uvnitř LDS. Odhadnuté náklady na instalaci FVE v této konfiguraci jsou 4 mil. Kč. Doba návratnosti se pohybuje kolem 4 let v případě získání dotace ze systému OPPIK. Pokud by na dotaci investor nedosáhnul, doba návratnosti by byla asi 8 let.

V budoucnosti bude možné díky monitorování odběrů pomocí smart elektroměrů FVE zoptimalizovat. Jestliže budeme znát charakter odběrů bude možné navrhnout výkon FVE a akumulaci tak, aby došlo k maximalizaci dodávek elektřiny přímo z FVE. Díky této optimalizaci bude možné snížit rezervovanou kapacitu z DS a ušetřit tak provozní náklady LDS.

9. Citovaná literatura

[1] Přenosová soustava elektrické energie. *Energetika.tzb-info.cz* [online]. b.r. [cit. 2020-03-28]. Dostupné z: https://energetika.tzb-info.cz/elektroenergetika/13676-prenosova-soustava-elektricke-energie

[2] Distribuční soustava ČEZ distribce. *Čez distribuce* [online]. b.r. [cit. 2019-10-22]. Dostupné z: https://www.cezdistribuce.cz/cs/distribucni-soustava.html

[3] *Data do kapsy 2018* [online]. In: . b.r. [cit. 2019-09-28]. Dostupné z: https://www.ceps.cz/cs/ke-stazeni

[4] Přenosová a distribuční soustava - 1. část: Vedení velmi vysokého napětí (VVN). *E.on-distribuce* [online]. b.r. [cit. 2020-11-1]. Dostupné z: https://www.eon-distribuce.cz/clanek/prenosova-distribucni-soustava-1-cast

[5] *Distribuční síť PRE distribuce* [online]. b.r. [cit. 2019-10-22]. Dostupné z: https://www.predistribuce.cz/cs/distribucni-sit/

[6] Přenosová soustava. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2019-10-22]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/P%C5%99enosov%C3%A1_soustava

[7] Zajímavá čísla: Zajímavé hodnoty z provozu PS v roce 2019. *Čeps* [online]. b.r. [cit. 2020-03-28]. Dostupné z: https://www.ceps.cz/cs/zajimava-cisla

[8] ŠVEJNAR, Pavel a Karel MÁSLO. Stabilita elektrizační soustavy: Systém provázaný jako živý organizmus. *Časopis Vesmír* [online]. b.r. [cit. 2020-03-28]. Dostupné z: https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2007/cislo-1/stabilita-elektrizacni-soustavy.html

[9] Distribuční soustava. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2019-10-22]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Distribu%C4%8Dn%C3%AD_soustava

[10] ŠMÍD, Jakub. Česká přenosová a distribuční soustava - 1. díl: Elektrifikace a princip funkce. *Oenergetice.cz* [online]. b.r. [cit. 2020-10-28]. Dostupné z: https://oenergetice.cz/elektrina/ceska-prenosova-a-distribucni-soustava-1-dil-elektrifikace-a-princip-funkce

[11] Jak zjistím ke které distribuční soustavě elektřiny patřím a mohu si zvolit jinou?. *Energetika.tzb-info.cz* [online]. b.r. [cit. 2019-10-24]. Dostupné z: https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energii/211-jak-zjistim-ke-ktere-distribucni-soustave-elektriny-patrim-a-mohu-si-zvolit-jinou

[12] Technické informace o distribuční soustavě elektřiny. *E.on-distribuce* [online]. b.r. [cit. 2020-10-27]. Dostupné z: https://www.eon-distribuce.cz/technicke-informace-o-distribucni-soustave-elektriny

[13] VÁPENÍK, René. Regulace napětí v distribuční soustavě vn a nn. *Elektro revue*. 2011, **2011**(3), 6. ISSN 1213-1539.

[14] JAK FUNGUJE UHELNÁ ELEKTRÁRNA. *Skupina ČEZ* [online]. b.r. [cit. 2020-11-11]. Dostupné z: https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobni-zdroje/uhelne-elektrarny-a-teplarny/flash-model-jak-funguje-uhelna-elektrarna

[15] Tepelná elektrárna. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2020-11-11]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Tepeln%C3%A1_elektr%C3%A1rna

[16] JADERNÁ ELEKTRÁRNA. *Skupina ČEZ* [online]. b.r. [cit. 2020-11-11]. Dostupné z: https://www.cez.cz/edee/content/microsites/nuklearni/k33.htm

[17] Jaderná elektrárna. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2020-11-11]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Jadern%C3%A1_elektr%C3%A1rna

[18] LEE, KIM, MOON, LIM a CHO. Heat-Absorbing Capacity of High-Heat-Flux Components in Nuclear Fusion Reactors. *Energies* [online]. 2019, **12**(19) [cit. 2020-

03-28]. DOI: 10.3390/en12193771. ISSN 1996-1073. Dostupné z: https://www.mdpi.com/1996-1073/12/19/3771

[19] Jaderná fúze – budoucnost energetiky. *Energetika*. 2015, **2015**(3), 7.

[20] VOBOŘIL, David. Paroplynová elektrárna – princip funkce. *Oenergetice.cz* [online]. b.r. [cit. 2019-11-23]. Dostupné z: https://oenergetice.cz/typy-elektraren/paroplynova-elektrarna-princip-funkce

[21] Paroplynový cyklus Počerady. *Svetenergie.cz* [online]. b.r. [cit. 2019-11-29]. Dostupné z: https://www.svetenergie.cz/cz/elektrarny/plynove-a-paroplynove-elektrarny/plynove-elektrarny-cez/paroplynovy-cyklus-pocerady

[22] Paroplynová elektrárna Vřesová jede dlouhodobě naplno. *Sokolovská uhelná* [online]. b.r. [cit. 2020-03-28]. Dostupné z: https://www.suas.cz/index.php/aktuality/investice-nove-technologie/566-paroplynova-elektrarna-vresova-jede-dlouhodobe-naplno

[23] *Kogenerační jednotky Mikro* [online]. In: . b.r. [cit. 2019-12-02]. Dostupné z: https://slideplayer.cz/slide/2684576/

[24] VÝHODY A VYUŽITÍ KOGENERACE. *TEDOM* [online]. b.r. [cit. 2019-12-02]. Dostupné z: https://www.tedom.com/cs/vyhody-a-vyuziti-kogenerace/

[25] JELEČEK, Josef. *Dny kogenerace COGEN Czech - prezentace OZE a zemní plyn jako základ pro budoucí energetiky EU*. 2019.

[26] HUĎA, Robert. *Způsoby provozování kogenerační jednotky - innogy Energo, KVET*. Praha, 2020.

[27] *Elektřina ze slunce* [online]. b.r. [cit. 2019-11-28]. Dostupné z: https://www.elektrinazeslunce.cz/

[28] Fotovoltaika. *Tzb-info.cz* [online]. b.r. [cit. 2019-11-28]. Dostupné z: https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika

[29] Jak na fotovoltaiku: Jaká jsou PRO a PROTI solárních panelů?. *Elektrina.cz* [online]. b.r. [cit. 2020-11-28]. Dostupné z: https://www.elektrina.cz/solarni-panely-pro-a-proti

[30] KOČ, Břetislav. Větrné elektrárny V. – Malé větrné elektrárny v ČR. *Tzb-info.cz* [online]. b.r. [cit. 2019-11-29]. Dostupné z: https://oze.tzb-info.cz/vetrna-energie/14174-vetrne-elektrarny-v-male-vetrne-elektrarny-v-cr

[31] Větrné elektrárny - princip, rozdělení, elektrárny v ČR. *Oenergetice.cz* [online]. b.r. [cit. 2019-11-29]. Dostupné z: https://oenergetice.cz/elektrina/vetrne-elektrarny-princip-cinnosti-zakladni-rozdeleni

[32] Wind Power. *National Geographic* [online]. b.r. [cit. 2019-11-29]. Dostupné z: https://www.nationalgeographic.com/environment/global-warming/wind-power/

[33] O VODNÍ ENERGETICE. *Skupina ČEZ* [online]. b.r. [cit. 2019-11-29]. Dostupné z: https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobni-zdroje/obnovitelne-zdroje/voda/informace-o-vodni-energetice

[34] Vodní elektrárna. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2019-11-29]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Vodn%C3%AD_elektr%C3%A1rna

[35] VOBOŘIL, David. Vodní elektrárny - princip, rozdělení, elektrárny v ČR. *Oenergetice.cz* [online]. b.r. [cit. 2019-11-29]. Dostupné z: https://oenergetice.cz/elektrina/vodni-elektrarny-princip-a-rozdeleni

[36] Jak funguje vodní elektrárna?. *Carbounion.cz* [online]. b.r. [cit. 2019-11-29]. Dostupné z: https://www.carbounion.cz/radce/jak-funguje-vodni-elektrarna

[37] Roční zpráva o provozu ES ČR. In: *ERÚ* [online]. b.r. [cit. 2019-11-29]. Dostupné z: http://www.eru.cz/documents/10540/4580207/Rocni_zprava_provoz_ES_2018.pdf/1420388b-8eb6-4424-9ad9-c06a57b5326c

[38] Seznam vodních elektráren v Česku. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2019-11-29]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Seznam_vodn%C3%ADch_elektr%C3%A1ren_v_%C4%8Cesku

[39] Přečerpávací vodní elektrárny v České republice. *Oenergetice.cz* [online]. b.r. [cit. 2019-11-29]. Dostupné z: https://oenergetice.cz/elektrina/precerpavaci-vodni-elektrarny-v-ceske-republice

[40] PŘEČERPÁVACÍ VODNÍ ELEKTRÁRNY U NÁS. *Skupina ČEZ* [online]. b.r. [cit. 2019-11-29].

[41] *Přenosová a distribuční soustava - 2. část: Transformovny* [online]. b.r. [cit. 2019-10-26]. Dostupné z: https://www.eon-distribuce.cz/clanek/prenosova-distribucni-soustava-2-cast

[42] SALAVEC, Jiří. *Trh s elektřinou - specifika, účastnící trhu a rozdělení* [online]. b.r. [cit. 2020-03-28]. Dostupné z: https://oenergetice.cz/elektrina/trh-s-elektrinou/trh-s-elektrinou

[43] Subjekty na trhu s elektřinou. *Informační Portál* [online]. b.r. [cit. 2020-03-28]. Dostupné z: https://www.informacni-portal.cz/clanek/subjekty-na-trhu-s-elektrinou

[44] *PXE a.s.* [online]. b.r. [cit. 2020-03-28]. Dostupné z: https://www.pxe.cz/

[45] *OTE* [online]. b.r. [cit. 2020-03-28]. Dostupné z: https://www.ote-cr.cz/cs/o-spolecnosti/zakladni-udaje

[46] *ERÚ* [online]. b.r. [cit. 2020-03-28]. Dostupné z: https://www.eru.cz/cs/o-uradu

[47] Elektřina - cena elektřiny. *Kurzy.cz* [online]. b.r. [cit. 2020-03-28]. Dostupné z: https://www.kurzy.cz/elektrina/

[48] Z čeho se skládá cena elektřiny?. *Skupina ČEZ* [online]. b.r. [cit. 2020-03-28]. Dostupné z: https://www.cez.cz/cs/elektrina/z-ceho-se-sklada-cena-elektriny.html

[49] Lokální distribuční soustava. *Amper Savings* [online]. b.r. [cit. 2020-01-08]. Dostupné z: http://www.ampersavings.cz/lokalni-distribucni-soustava

[50] Zřízení a provozování LDS. *Transfer Energy* [online]. b.r. [cit. 2020-01-20]. Dostupné z: https://tenergy.cz/elektrina/provozovani-lds/

[51] MICHEK, Martin. *Prezentace - Role LDS v měnícím se prostředí české energetiky*. Praha: Dny kogenerace; ČAPLDS, 2019.

[52] Lokální distribuční soustavy a možnosti jejich využití v decetralizované energetice. *Frank Bold Advokáti* [online]. b.r. [cit. 2020-01-08]. Dostupné z: https://www.slideshare.net/FrankBold/lokln-distribun-soustavy-a-monosti-jejich-vyuit-v-decetralizovan-energetice-138616392

[53] RUFER, Vladislav. *Ústní sdělení: Prvky v LDS*. Pardubice: RUFER TECHNOLOGY, 2019.

[54] JUSIC, Alen. *Ústní sdělení - Licence v LDS*. Praha: Senior specialista licencí a regulace; innogy Energo, s.r.o., 2019.

[55] JOSKA, Marek. *Emailová komunikace - Smlouvy v LDS*. Praha: Manažer obchodu a vztahů se zákaz., KVET; innogy Energo, s.r.o., 2020.

[56] *Zákon č. 458/2000 Sb.: Zákon o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon)*. In: . b.r., Verze 29. Dostupné také z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-458

[57] *Cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. X/2018*. In: . 2018. Dostupné také z: https://www.eru.cz/documents/10540/4946225/CR_ER%C3%9A_2019_VVN+VN+181026_VKP.pdf/53247b10-0984-46cb-bd2f-3c0e3318f90a

[58] Co je Smart Grid?. *Tzb-info.cz* [online]. b.r. [cit. 2019-11-12]. Dostupné z: https://elektro.tzb-info.cz/12544-co-je-smart-grid

[59] Víte, co to je a jak funguje smart grid?. *Proelektrotechniky.cz* [online]. b.r. [cit. 2019-11-12]. Dostupné z: http://www.proelektrotechniky.cz/vzdelavani/22.php

[60] Stav HDO. *PREdistribuce* [online]. b.r. [cit. 2019-11-08]. Dostupné z: https://www.predistribuce.cz/cs/potrebuji-zaridit/zakaznici/stav-hdo/

[61] HUĎA, Robert. *Ústní sdělení - Dálkově odečítané elektroměry*. Praha: Senior specialista rozvoje provozu - innogy Energo, s.r.o., 2019.

[62] Smart Metering na vzestupu: České Radiokomunikace věří internetu věcí. *InSmart* [online]. b.r. [cit. 2020-03-29]. Dostupné z: https://insmart.cz/ceske-radiokomunikace-smart-metering-internet-veci-visionq/

[63] WAGNER, Vladimír. Velký přehled: Využívané i perspektivní technologie akumulace energie. *Oenergetice.cz* [online]. b.r. [cit. 2020-12-01]. Dostupné z: https://oenergetice.cz/akumulace-energie/velky-prehled-vyuzivane-i-perspektivni-technologie-akumulace-energie

[64] RASOCHA, Jaroslav. *Ústní sdělení - Dobijení elektromobilů pomocí Smart wallboxu*. Praha: Projektový manažer emobilita; innogy Energo, s.r.o., 2019.

[65] *Residence na Spravedlnosti* [online]. b.r. [cit. 2020-03-31]. Dostupné z: http://naspravedlnosti.luxury-home.info/

[66] Cenové rozhodnutí č. 5/2019. *ERÚ* [online]. b.r. [cit. 2020-01-07]. Dostupné z: https://www.eru.cz/cs/-/cenove-rozhodnuti-c-5-2019

[67] Cenové rozhodnutí č. 6/2019. *ERÚ* [online]. b.r. [cit. 2020-01-07]. Dostupné z: https://www.eru.cz/cs/-/cenove-rozhodnuti-c-6-20-4

[68] *Vyhláška č. 51/2006 Sb.: Vyhláška o podmínkách připojení k elektrizační soustavě*. In: . b.r.

[69] Techniky hodnocení investic (investičních variant). *Managment mania* [online]. b.r. [cit. 2020-03-29]. Dostupné z: https://managementmania.com/cs/techniky-hodnoceni-investic

[70] Ekonomika podniku. *Ekospace.cz* [online]. b.r. [cit. 2020-03-29]. Dostupné z: http://www.ekospace.cz/14-ekonomika-podniku

[71] *Kalkulačka spotřeby* [online]. Praha: elektrina.cz, b.r. [cit. 2020-01-02]. Dostupné z: https://www.elektrina.cz/srovnani-cen-elektriny?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_content=kalkulacka_elektriny&utm_campaign=SE_elektrina_cz_frazova_modifikovana&gclid=CjwKCAjwpqv0BRABEiwA-TySwdgpk12QM-gDasryQ6yNGUXWLjPcOcGkXb6qXN5hqkPZ1Ncpv3whMhoCBiMQAvD_BwE

[72] *Kalkulačka solární elektrárny* [online]. b.r. [cit. 2020-04-07]. Dostupné z: http://www.ceska-solarni.cz/kalkulacka2011.php#

[73] NOVOTNÝ, Petr. Podpora fotovoltaických projektů pro podnikatele v roce 2018. *Tzb-info.cz* [online]. b.r. [cit. 2020-04-07]. Dostupné z: https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/16806-podpora-fotovoltaickych-projektu-pro-podnikatele-v-roce-2018-1-cast

[74] Úspory energie - Fotovoltaické systémy s/bez akumulace pro vlastní spotřebu. *OPPIK* [online]. b.r. [cit. 2020-04-07]. Dostupné z: https://www.oppik.cz/dotacni-programy/uspory-energie-dotace-na-fotovoltaiku?size%5B3%5D=on&drawing%5B9%5D=on

10.Seznam obrázků

Obrázek 1 Uspořádání elektrizační soustavy 3
Obrázek 2 Schéma sítí 400 kV a 220 kV roku 2018 4
Obrázek 3 Mapa provozovatelů DS v ČR 5
Obrázek 4 Schéma parní elektrárny 9
Obrázek 5 Schéma kogenerační jednotky 11
Obrázek 6 Schéma vodní elektrárny 14
Obrázek 7 Zobrazení LDS v elektrizační soustavě 20
Obrázek 8 Velkokapacitní úložiště SIESTORAGE v Mydlovarech 25
Obrázek 9 Vizualizace developerského projektu 28

11.Seznam tabulek

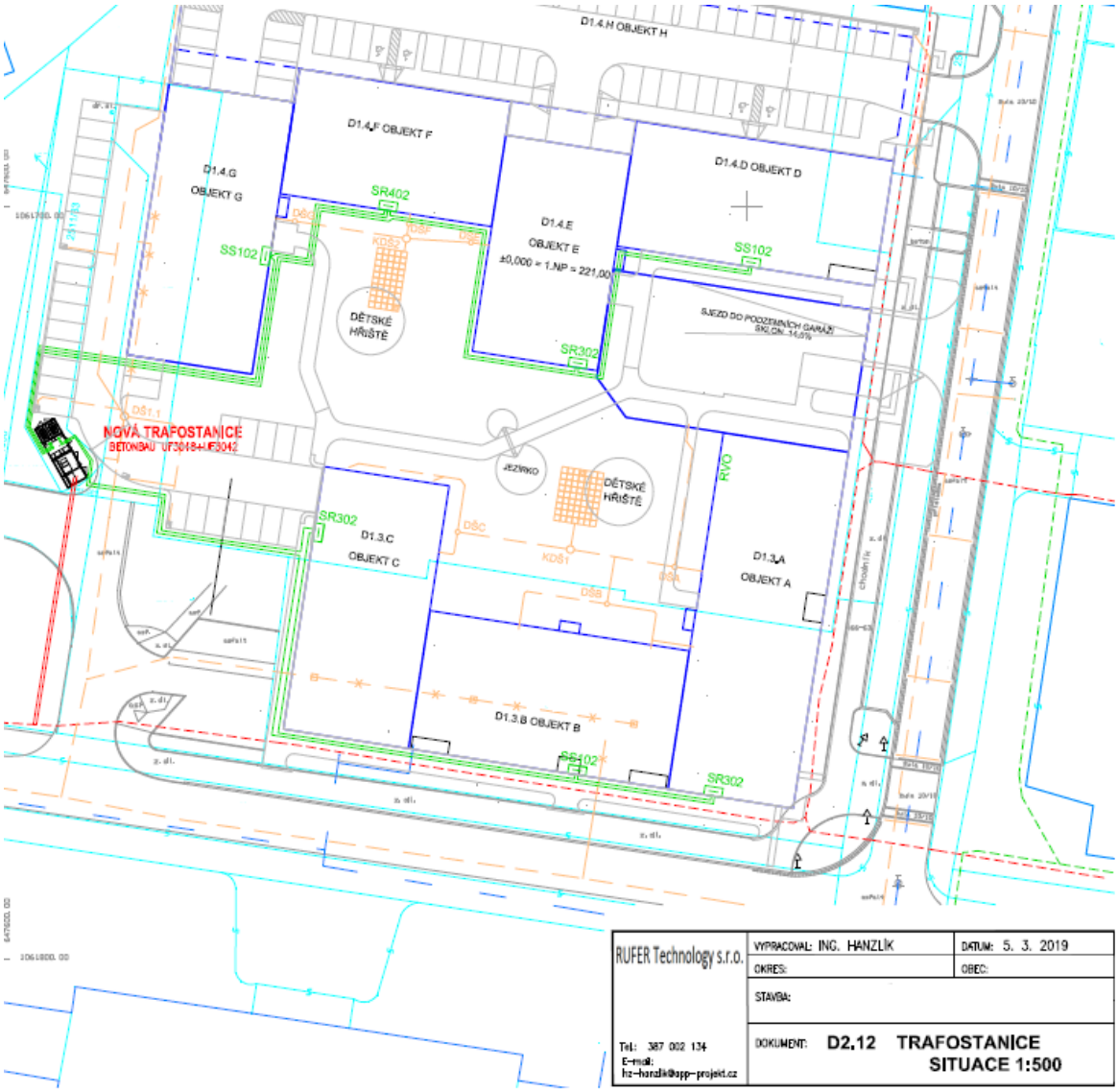
Tabulka 1 Seznam a četnost úkonů potřebných pro provoz LDS ..... **Chyba! Záložka není definována.**
Tabulka 2 Sazby za rezervovanou kapacitu v daných distribučních oblastech ..... **Chyba! Záložka není definována.**
Tabulka 3 Sazby za použití sítí v daných distribučních oblastech ..... **Chyba! Záložka není definována.**
Tabulka 4 Cena za rezervovaný příkon – Sazba D 01d .. **Chyba! Záložka není definována.**
Tabulka 5 Cena za distribuované množství elektřiny – Sazba D 01d . **Chyba! Záložka není definována.**
Tabulka 6 Cena za rezervovaný příkon – Sazba D 02d .. **Chyba! Záložka není definována.**
Tabulka 7 Cena za distribuované množství elektřiny – Sazba D 02d . **Chyba! Záložka není definována.**
Tabulka 8 Měrný podíl žadatele na připojení za rezervaci příkonu .... **Chyba! Záložka není definována.**
Tabulka 9 Měrný podíl žadatele na připojení za rezervaci výkonu ..... **Chyba! Záložka není definována.**
Tabulka 10 Investiční nálady ..... **Chyba! Záložka není definována.**

12.Seznam grafů

Graf 1 Vývoj instalovaného výkonu od roku 1980 7
Graf 2 Vývoj brutto výroby od roku 1985 8
Graf 3 orientační složení ceny elektřiny z roku 2019 17
Graf 4 Výroba FVE pro jednotlivé měsíce v roce 51

13.Přílohy

Příloha 1 Výkres trafostanice + rozvodů 67
Příloha 2 Peněžní toky a výpočty z programu MS Excel 68



Příloha 1 Výkres trafostanice + rozvodů

Rok	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Investiční náklady	7 090 200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tržby incl infl	0	2 164 000	3 809 146	2 079 576	2 141 963	2 206 222	2 272 409	2 340 581	2 410 798	2 483 122	2 557 616	2 634 344	2 713 375	2 794 776	2 878 619	2 964 978	3 053 927	3 145 545	3 239 911	3 337 109	3 437 222
Provozní náklady incl infl	0	826 860	1 461 572	1 293 239	1 332 036	1 484 548	1 413 157	1 455 552	1 499 218	1 544 195	1 720 998	1 638 236	2 033 442	1 738 005	1 790 145	1 995 108	1 899 165	1 956 140	2 014 824	2 075 268	2 312 877
Odpisy	0	152 440	365 146	365 146	365 146	365 146	365 146	365 146	365 146	365 146	365 146	365 146	365 146	365 146	365 146	365 146	365 146	365 146	365 146	365 146	365 145
Zisk před zdaněním	0	1 184 700	1 982 428	421 191	444 781	356 528	494 106	519 883	546 434	573 782	471 472	630 962	314 787	691 625	723 328	604 724	789 616	824 259	859 942	896 694	759 200
Daň z příjmu	0	225 093	376 661	80 026	84 508	67 740	93 880	98 778	103 822	109 018	89 580	119 883	59 810	131 409	137 432	114 897	150 027	156 609	163 389	170 372	144 248
Zisk po zdanění	0	959 607	1 605 767	341 165	360 273	288 788	400 226	421 105	442 612	464 763	381 892	511 079	254 978	560 216	585 896	489 826	639 589	667 650	696 553	726 322	614 952
Odpisy	0	152 440	365 146	365 146	365 146	365 146	365 146	365 146	365 146	365 146	365 146	365 146	365 146	365 146	365 146	365 146	365 146	365 146	365 146	365 146	365 145
PP před disk	-7 090 200	1 112 047	1 970 913	706 311	725 419	653 934	786 251	807 758	829 909	747 038	876 225	620 124	925 362	951 042	854 972	1 004 735	1 032 796	1 061 699	1 091 468	980 097	
PP po Disk	-	1 112 047	1 969 534	705 323	723 898	652 106	762 698	782 957	803 811	825 276	742 348	870 115	615 369	917 625	942 430	846 637	994 244	1 021 297	1 049 144	1 077 807	967 152

Inflace	3,00%
Daň z příjmu	19%
Disk Ur míra	7,00%

NPV	2 858 548 Kč
IRR	12%

Příloha 2 Peněžní toky a výpočty z programu MS Excel