



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

Diplomová práce

Dobíjecí hub pro elektromobily v centru Prahy

Electric vehicle charging hub in the center of Prague

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Management elektrotechniky a energetiky

Vedoucí práce: Ing. Rostislav Krejcar, Ph.D.

Bc. Vojtěch Růžička

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Růžička** Jméno: **Vojtěch** Osobní číslo: **457050**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávací katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
Specializace: **Management energetiky a elektrotechniky**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Dobíjecí hub pro elektromobily v centru Prahy

Název diplomové práce anglicky:

Electric vehicle charging hub in the center of Prague

Pokyny pro vypracování:

Proveďte analýzu rozvoje elektromobility v centru Prahy
Popište místní specifika a související legislativu
Proveďte návrh dobíjecího hubu
Proveďte ekonomické zhodnocení navrženého řešení

Seznam doporučené literatury:

BREALEY, Richard A, Stewart C MYERS a Franklin ALLEN. Teorie a praxe firemních financí. 2., aktualiz. vyd. Brno: BizBooks, 2014, 1096 s. Business books (Computer Press). ISBN 978-80-265-0028-5.
Trh s elektřinou: úvod do liberalizované energetiky. Vydání druhé, aktualizované. Praha: Asociace energetických manažerů, 2016, 548 s. ISBN 978-80-260-9212-4.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Rostislav Krejcar, Ph.D., katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd FEL

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

Datum zadání diplomové práce: **14.09.2021** Termín odevzdání diplomové práce: **04.01.2022**

Platnost zadání diplomové práce: **19.02.2023**

Ing. Rostislav Krejcar, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

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

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací.
Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prohlášení autora práce

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne: 3. 1. 2022

Podpis:

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Rostislavu Krejcarovi, Ph.D. Dále děkuji panu Ing. Jiřímu Randovi za poskytnutí dat a odborných konzultací. A děkuji také své rodině za podporu při psaní diplomové práce.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá řešením dobíjecí infrastruktury v centru Prahy. Nejprve analyzuje současnou situaci a možnosti městské elektromobility v budoucnu. Na základě dat z dobíjecích stanic od společnosti PRE Distribuce a.s. je provedena analýza využití již instalovaných dobíjecích stanic na území Hlavního města Prahy. Dále jsou popsány předpisy pro budování nových dobíjecích stanic, související legislativa a normy. Cílem práce je ve vybrané lokalitě navrhnout několik variant instalace dobíjecích stanic a jednotlivé varianty ekonomicky zhodnotit. Vybrané místo realizace dobíjecích stanic je detailně technicky popsáno, včetně všech jeho současných i budoucích technických možností. V další části práce je proveden samotný návrh jednotlivých variant instalace dobíjecích stanic. Pro každou variantu je uveden technický popis navrženého řešení. Dále jsou popsány jednotlivé technické a ekonomické předpoklady pro zřízení a provozování dobíjecích stanic. Na základě uvedených variant a předpokladů jsou sestaveny dva ekonomické modely pro ekonomické zhodnocení. Výsledkem diplomové práce je doporučení pro investora, do které varianty instalace dobíjecích stanic je vhodné investovat a za jakých podmínek.

Klíčová slova:

Dobíjecí stanice pro elektromobily, rozvoj elektromobility, legislativa dobíjecích stanic, dobíjecí infrastruktura v centru Prahy, AC dobíjecí stanice, soukromá dobíjecí stanice, veřejná dobíjecí stanice

Abstract

This diploma thesis deals with the solution of charging infrastructure in the center of Prague. First, it analyzes the current situation and the possibilities of urban electromobility in the future. Based on data from charging stations from PRE Distribuce a.s., an analysis of the use of already installed charging stations in the territory of the Capital City of Prague is performed. Furthermore, the regulations for the construction of new charging stations, related legislation, and standards are described. The aim of the thesis is to design several variants of charging station installation in a selected locality and to evaluate individual variants economically. The selected location of charging station implementation is technically described in detail, including all its current and future technological possibilities. In the following part of the thesis, the design of individual variants of the installation of charging stations is made. A technical description of the proposed solution is given for each variant. The individual technical and economic preconditions for the establishment and operation of charging stations are also described. Based on the above variants and assumptions, two economic models for economic evaluation are compiled. The result of the diploma thesis is a recommendation for the investor in which variant of installation of charging stations it is advisable to invest and under what conditions.

Key words:

Charging station for electric cars, development of elektromobility, charging station regulations, charging infrastructure in Prague city center, AC charging station, private charging station, public charging station

Obsah

1	ÚVOD	12
1.1	ROZVOJ ELEKTROMOBILITY	12
1.2	VIZE ELEKTROMOBILITY	14
1.3	ELEKTROMOBILITA VE MĚSTECH	15
1.4	PROBLÉMY ELEKTROMOBILŮ	16
2	ANALÝZA ROZVOJE ELEKTROMOBILITY	18
2.1	ANALÝZA SOUČASNÉ SITUACE	18
2.2	ODHADY BUDOUCÍHO VÝVOJE	20
2.3	ANALÝZA VYTÍŽENÍ DOBÍJECÍCH STANIC V PRAZE	21
2.4	CENY VEŘEJNÉHO DOBÍJENÍ	23
2.5	ELEKTROMOBILY A JEJICH PARAMETRY	24
2.6	SOUČASNÁ KONCEPCE ELEKTROMOBILITY V PRAZE	25
2.7	ROLE MĚSTA PŘI BUDOVNÍ DOBÍJECÍ INFRASTRUKTURY	26
2.8	CARSHARING	27
3	MÍSTNÍ SPECIFIKA A LEGISLATIVA	28
3.1	ZÁSADY PRO ZŘIZOVÁNÍ DOBÍJECÍCH STANIC	28
3.2	LEGISLATIVA PRO NOVÉ STAVBY	29
3.3	PARKOVÁNÍ	29
3.4	DOTACE	30
3.5	DISTRIBUČNÍ TARIFY	31
3.6	SLOŽKY CENY ELEKTŘINY	31
3.7	PROJEKTOVÁ PŘÍPRAVA INSTALACE DOS	32
3.8	PŘIPOJENÍ NOVÉHO ODBĚRNÉHO MÍSTA	33
3.9	REVIZE DOBÍJECÍ STANICE	33
4	VARIANTY INSTALACE DOBÍJECÍCH STANIC	34
4.1	VEŘEJNÉ PARKOVACÍ DOBÍJENÍ	34
4.2	SOUKROMÉ PARKOVACÍ DOBÍJENÍ	34
5	TECHNICKÝ POPIS UVAŽOVANÉ LOKALITY	35
5.1	SOUČASNÝ STAV SÍTÍ	35
5.2	TECHNICKÝ POPIS MÍSTA	37
5.3	TECHNICKÉ MOŽNOSTI V DANÉ LOKALITĚ	39
6	NÁVRH DOBÍJECÍCH STANIC	42
6.1	DIMENZOVÁNÍ DOBÍJECÍCH STANIC	42
6.2	NAVRŽENÉ VARIANTY	43
6.3	FUNKCE DOBÍJECÍ STANICE	44
6.4	TYPY ZÁSUVK A KONEKTORŮ	45
6.5	VEŘEJNÁ DOBÍJECÍ STANICE	45
6.6	SOUKROMÁ DOBÍJECÍ STANICE	50
7	VSTUPNÍ PŘEDPOKLADY	51
7.1	ODHAD VYTÍŽENÍ STANICE	51
7.2	SPOTŘEBA DOBÍJECÍ STANICE	52
7.3	CENOVÁ POLITIKA A PLATBY ZA DOBÍJENÍ	52
7.4	INVESTIČNÍ NÁKLADY	53
7.5	DISKONT	55
7.6	VÝŠE INFLACE	56

7.7	CENA ELEKTRICKÉ ENERGIE.....	57
7.8	ZPŮSOBY ODEPISOVÁNÍ DOBÍJECÍ STANICE.....	58
7.9	DALŠÍ VSTUPNÍ PŘEDPOKLADY	59
8	EKONOMICKÝ MODEL.....	59
8.1	MODEL VEŘEJNÉ DOBÍJECÍ STANICE.....	59
8.2	MODEL SOUKROMÉ DOBÍJECÍ STANICE.....	63
9	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	64
9.1	VEŘEJNÁ DOBÍJECÍ STANICE	64
9.2	SOUKROMÁ DOBÍJECÍ STANICE	70
10	ZÁVĚREČNÉ ZHODNOCENÍ	74
10.1	VEŘEJNÁ DOBÍJECÍ STANICE	76
10.2	SOUKROMÁ DOBÍJECÍ STANICE	76
10.3	DOPORUČENÍ.....	76
10.4	DISKUSE.....	77
	SEZNAM LITERATURY	78
	SEZNAM TABULEK	81
	SEZNAM OBRÁZKŮ	82
	SEZNAM GRAFŮ	82
	SEZNAM ROVNIC.....	82
	SEZNAM PŘÍLOH.....	83

Seznam použitých zkratk

ERÚ – Energetický regulační úřad
OTE – Operátor trhu s elektřinou, OTE a.s.
MPO – Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky
MDČR – Ministerstvo dopravy České republiky
EK – Evropská komise
PREdi – Pražská distribuce a.s.
THMP – Technologie Hlavního města Prahy a.s.
OICT – Operátor ICT a.s.
ČSÚ – Český statistický úřad
ČNB – Česká národní banka
SVJ – Sdružení vlastníků bytových jednotek
BD – Bytový dům
ČSN – České technické normy
OZE – Obnovitelné zdroje energie
NPV – Čistá současná hodnota, ekonomický ukazatel
Ni – Investiční náklady
Tž – Doba životnosti

DoS – Dobíjecí stanice pro elektromobily
HDV – Hlavní domovní vedení
ER – Elektroměrový rozvaděč
HDS – Hlavní domovní skříň s nožovými pojistkami
FVE – Fotovoltaická elektrárna
VT – Vysoký tarif v rámci distribuční sazby
NT – Nízký tarif v rámci distribuční sazby
DS – Distribuční soustava
OM – Odběrné místo
JOM – Jednotné odběrné místo
VN – Vysoké napětí
NN – Nízké napětí
EE – Elektrická energie
kWh – Kilowatthodina elektrické energie
MWh – Megawatthodina elektrické energie
DC – Stejnoseměrný proud
AC – Střídavý proud
3f – Třífázové připojení
PE – Ochranný vodič
N – Střední (nulový) vodič
BEV – Bateriové elektrické vozidlo, je napájené čistě z el. baterií a má pouze elektromotor
PHEV – Plug-in hybridní elektrické vozidlo, využívá elektrickou energii i konvenční palivo a je vybaveno elektromotorem a spalovacím motorem

1 Úvod

Elektromobily jsou vnímány jako pokroková technologie s potenciálem snížení emisí CO₂ z osobní dopravy a snížení závislosti na fosilních palivech. Nová legislativní opatření Evropské unie tlačí výrobce konvenčních automobilů k přechodu na výrobu elektromobilů. Na rychlý rozvoj elektromobility budou muset reagovat energetické společnosti, veřejné instituce i soukromí investoři. Je nezbytné vybudovat funkční a hustou síť dobíjecích stanic, aby bylo nové elektromobily kde nabíjet. Největší potenciál elektromobility vidím ve městech a v příměstských oblastech, v diplomové práci se budu zabývat analýzou elektromobility a návrhem dobíjecích stanic v centru Prahy.

V úvodní kapitole obecně popíšu rozvoj elektromobility, její vize do budoucna, uplatnění elektromobilů ve velkých městech a také shrnu všechny základní nedostatky elektromobilů. Ve druhé kapitole provedu analýzu současného stavu elektromobility a zaměřím se především na dobíjecí infrastrukturu v Praze. Na základě získaných dat od PRE Distribuce a.s. provedu analýzu současného vytížení vybraných dobíjecích stanic v Praze. Dále udělám přehled současně dostupných elektromobilů na trhu a zjistím jejich základní parametry. Popíšu současnou koncepci elektromobility a možné role městských institucí v Praze při budování dobíjecí infrastruktury.

Ve třetí kapitole charakterizuji vybranou lokalitu pro zřízení dobíjecích stanic a popíšu její specifika. Dále se budu věnovat legislativě, předpisům a normám, které souvisejí s budováním a provozem dobíjecích stanic. Podrobněji se budu věnovat problematice parkování, distribučním tarifům a rozboru ceny elektřiny. Ve čtvrté kapitole popíšu navržené varianty instalace dobíjecích stanic. V páté kapitole zhodnotím současný stav distribuční sítě, provedu podrobný technický popis vybrané lokality a stanovím technická omezení pro dobíjecí stanice.

V šesté kapitole se budu věnovat samotnému návrhu instalace dobíjecích stanic v různých variantách. Nejprve se budu věnovat dimenzování dobíjecích stanic, jejich funkcím a typům. Jednotlivé navržené varianty instalace DoS podrobně technicky popíšu. V sedmé kapitole popíšu všechny uvažované technické a ekonomické vstupní předpoklady do ekonomického modelu. V osmé kapitole popíšu sestavení ekonomického modelu a uvedu všechny postupy, které jsem použil k výpočtu.

V deváté kapitole provedu na základě výstupů z modelu ekonomické zhodnocení všech navržených variant. V desáté kapitole udělám celkové závěrečné zhodnocení všech aspektů budování dobíjecích stanic, včetně doporučení pro investora, do které varianty je výhodné investovat a za jakých podmínek.

Místo pojmu „dobíjecí hub“ budu používat pojem „instalace dobíjecích stanic“. Pojem dobíjecí hub se využívá spíše v souvislosti s DC rychlodobíjecími stanicemi a jeho použití v mé práci by mohlo být zavádějící.

1.1 Rozvoj elektromobility

Elektromobilita v současné době prochází velmi rychlým vývojem, v automobilovém průmyslu lze mluvit skutečně o velkých změnách až revoluci. Všechny evropské automobilové společnosti se snaží prosadit na trhu s novými typy elektromobilů. Ruší se celá oddělení vývoje spalovacích motorů, a naopak firmy uvažují o vybudování obřích továren na výrobu baterií. Tuzemská Škoda auto a.s. uvedla na trh plně elektrický vůz Enyaq iV a Citigo-e iV, dále vyrábí také hybridní vozy (PHEV) Octavia iV a

Superb iV. /35/ Model Citigo-e iV již byl dokonce zcela vyprodán. Rovněž mateřská společnost Volkswagen prodává velké množství elektromobilů (BEV) řady ID a e-UP a hybridů (PHEV) řady Golf, Passat a Arteon. /36/ Mnoho modelů elektrických vozů nabízejí také další společnosti jako Hyundai, Tesla, Renault, BMW a další.

Rozvoj elektromobility v Evropě je tlačěn zejména legislativními opatřeními Evropské unie pro snižování emisí CO₂. Tato nařízení tvrdě dopadají na všechny evropské automobilové společnosti a nutí je k radikálním změnám produktového portfolia. Pro zrychlení přechodu evropských států na elektromobilitu zavedla Evropská unie povinné limity průměrných emisí celých flotil prodávaných vozů jednotlivých automobilových společností a za jejich překročení hrozí výrobcům velmi vysoké pokuty.

V současné době platí Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2019/631 /28/ ze dne 17. dubna 2019, které nahrazuje předchozí nařízení č. 443/2009 /27/ a č. 510/2011. Hlavním cílem je naplňovat Pařížskou dohodu, která stanovila dlouhodobý cíl udržet globální průměrný nárůst teploty pod úrovní 2 stupně Celsia a v ideálním případě dosáhnout toho, aby růst nepřesáhl 1,5 stupně Celsia. Nařízení stanovuje pro vozový park EU od 1. ledna 2020 cíl průměrných emisí flotil vozů ve výši 95 g CO₂/km pro nové osobní automobily a 147 g CO₂/km pro lehká užitková vozidla. Do konce roku 2024 by mělo dojít k dalšímu snížení průměrných emisí o 10 g CO₂/km. Cílem pro rok 2030 je snížení emisí o 37,5 % oproti roku 2021, to odpovídá hodnotě přibližně 60 g CO₂/km pro osobní automobily v roce 2030. /28/

Na základě těchto legislativních opatření je vyvíjen značný tlak na výrobce automobilů. V roce 2020 činily průměrné emise vozů Škoda 111 g CO₂/km. /29/ Automobilce Škoda, podobně jako dalším společnostem v automobilovém průmyslu, se tedy nepodařilo splnit emisní limity pro flotily vozů stanovené nařízením EK pro rok 2020. Emisní limity jsou již v současné době nastaveny tak přísně, že je obtížné jich technicky dosáhnout. Přitom pokuta pro výrobce automobilů při překročení povolených emisí u nově vyrobených vozů je 95 EUR za jeden g CO₂/km nad limitní hodnotu pro každé nově registrované auto. /čl.8 28/ Pro splnění limitů průměrných emisí nastavených EK pro rok 2030 je tedy cestou pro automobilové společnosti především přechod na výrobu elektromobilů s nulovými lokálními emisemi. Při výrobě konvenčních naftových a benzinových vozů bude do budoucna téměř nemožné dosáhnout splnění emisních limitů. Podíl výroby konvenčních vozů oproti elektrickým se tedy musí každým rokem snižovat.

Přechodem na elektromobilitu se může podařit dosáhnout skutečně nulových lokálních emisí. Celkové emise elektromobilů však zdaleka nejsou nulové a závisí na tom, s jakými emisemi je vyrobená dodaná elektrická energie. Celkové emise elektromobilů závisí především na emisích současného energetického mixu a v praxi se může stát, že je produkce emisí pouze přemístěna do jiné lokality (například z Prahy do okolí elektrárny v severních Čechách). Současný energetický mix České republiky má dle dat z roku 2019 dle MPO průměrné emise 0,428 tun CO₂/MWh. /30/ Tj. přepočteno 428 gramů CO₂/kWh. Při odhadované spotřebě elektromobilu 15 kWh na 100 km (spotřeba elektromobilů bývá 13-28 kWh na 100 km dle velikosti vozu) /47/ má elektromobil v podmínkách ČR celkové emise ve výši 64 g CO₂/km, pokud je dobíjen ze sítě. Očekává se však, že emise energetického mixu ČR se budou postupem času snižovat přechodem energetiky na jaderné a obnovitelné zdroje elektřiny. Od roku 2010 se emise snížily z 0,554 tun CO₂/MWh na současných 0,428 tun CO₂/MWh (2019), což je snížení o 22 % za 10 let. /30/ Celkové emise elektromobilu lze také snížit s využitím domácích FVE.

Skutečné snížení emisí z osobní dopravy pomocí elektromobility je tedy dáno snížením emisí celého energetického mixu. Pro velká města a jejich obyvatele je samozřejmě přínosné i pouhé snížení lokálních emisí a přemístění produkce emisí do méně osídlených oblastí. Je jednoznačné, že na přechod k elektromobilitě se musí připravit také elektrická síť. Největší výzvu představuje elektromobilita pro distribuční sítě ve městech. Při návrhu současně provozovaných distribučních sítí, které byly z velké části budovány ještě za minulého režimu, nikdo z projektantů s elektromobilitou samozřejmě nepočítal. Sítě byly i v minulosti naštěstí budovány robustně a s určitými rezervami. Zároveň v některých vnitřních částech Prahy (např. Holešovice) byly sítě dimenzovány na tehdejší vyšší zatížení kvůli velkému množství různých výroben a průmyslových podniků, které již neexistují nebo byly přesunuty. Při větším rozvoji elektromobility bude však masivní posilování, modernizace a přestavba distribučních sítí zcela nevyhnutelná.

Na rozdíl od automobilových společností, které jsou schopné vyrobit miliony elektromobilů ročně, je budování elektrických sítí značně pomalejší proces. Od počátečního návrhu k realizaci sítí je běžně zapotřebí minimálně 2 – 3 let /dle konzultanta z PREDI/. Schvalování nové výstavby sítí je složitý legislativní proces s pevně danými právními lhůtami pro jednotlivá vyjádření a povolení. Rovněž samotná realizace nových sítí v prostředí městské zástavby je velmi nákladná. Klíčové je tedy zahrnout přípravu na elektromobilitu do všech současně probíhajících i budoucích stavebních záměrů, bez ohledu na to, jestli bude příprava využita ihned nebo až v budoucnu.

Aby zákazníci kupovali elektromobily, musí mít možnost jejich snadného dobítí ideálně přímo v místě jejich bydliště. V případě rodinných domů a bytových domů s vlastním garážovým stáním je situace jednodušší a majitel vozu si snadno může zřídit u parkovacího místa vlastní DoS (wallbox). Největším problémem je dobíjení v historických částech v centru velkých měst, kde zatím neexistuje snadná možnost zřízení vlastní DoS. Ve své práci se tedy zaměřím na návrh dobíjecích stanic v historickém centru Prahy, konkrétně v městské části Praha Holešovice.

1.2 Vize elektromobility

Elektromobilita je v současné době prudce se rozvíjející globální odvětví, které má potenciál částečně proměnit osobní dopravu i energetiku. Dle Asociace Evropských automobilových výrobců (ACEA) je nutné v Evropě vybudovat do roku 2024 milion DoS a další tři miliony DoS do roku 2029, aby bylo možné nově vyrobené elektromobily komfortně nabíjet. /43/ Cílem pro další roky je v Evropě tedy budování husté sítě DoS.

Do budoucna je hlavní otázkou, jestli se celosvětově skutečně prosadí současný koncept napevno uložených baterií v elektromobilech a jejich dobíjení na dobíjecích stanicích pomocí kabelu. Stále se ještě může stát, že převládne jiný koncept. Objev nové technologie plně nahrazující baterie a palivové články považuji za nepravděpodobný. Může se ovšem změnit všeobecně preferovaný koncept dobíjení baterií. Čínská automobilová společnost NIO buduje koncept vyměnitelných baterií a v současné době provozuje v Číně již 700 výměnných bateriových stanic (Power Swap Station 2.0). Výměna baterie na těchto stanicích trvá přibližně 7 minut. /41/ Koncept vyměnitelných baterií znovu zvažuje i americká Tesla, která se jím neúspěšně zabývala již v minulosti. Konceptem vyměnitelných baterií se zabývá i český startup BattSwap. /42/ Výměnné bateriové stanice by mohly v budoucnu nahradit dnešní DC rychlodobíjecí stanice (superchargery).

Výměnu baterií v reálném čase však v praxi provází mnoho technických i ekonomických problémů a Evropské automobilové společnosti zatím tuto technologii nenabízejí. V budoucnu by se mohla prosadit i technologie indukčního bezdrátového nabíjení přímo z vozovky, rozšíření ovšem brání nepřiměřené investiční náklady.

Dalším z budoucích konceptů je V2G (Vehicle to grid). Tato technologie umožňuje automobily nejen dobíjet, ale naopak z nich i zpětně odebírat energii do sítě. Díky tomu je možné ukládat energii v době přebytku a posílat ji zpět v případě nedostatku. /39/ S masivním rozvojem OZE (především solárních a větrných elektráren) a rušením konvenčních elektráren může dojít k tomu, že bude elektrická síť značně nevyrovnaná. Bude docházet k velkým přebytkům a nedostatkům energie. Elektromobilita jako celek tak může napomáhat k vyrovnávání výkonové rovnováhy v síti. Otázkou však je efektivnost takového vyrovnávání vzhledem ke ztrátám při dobíjení a vybíjení baterie elektromobilu. Výhodné však může být vyrovnávání bilance v rámci domácností či nově vznikajících lokálních energetických komunit.

V budoucnu se plánuje využívání vyřazených baterií z elektromobilů jako stacionárních bateriových úložišť pro vyrovnávání výkonu v elektrické síti. Použité baterie nebude nutné složitě likvidovat, ale jejich zbytková kapacita (např. 70 %) bude využita ve stacionárním úložišti. V České republice se touto technologií zabývá například společnost IBG Česko, která plánuje komerčně dodávat bateriová úložiště postavená z vyřazených baterií z elektromobilů. /67/

Další vizí je propojení elektromobility, autonomního řízení a carsharingu. Díky této kombinaci by vznikl komplexní systém městské a příměstské mobility. Autonomně řízené carsharingové elektromobily by fungovaly podobně jako taxislužba. Uživatel si v aplikaci zvolí cílové místo a elektromobil si pro něj sám přijede a odveze ho na požadovanou adresu. Elektromobily by se pohybovaly zcela autonomně a optimalizovaly by si svoji trasu podle poptávaných cílových adres. Auta by zároveň byla optimálně využita a snížil by se počet zbytečně parkujících nevyužívaných aut. Koncept by tak mohl pomoci zlepšit trvalý nedostatek volných parkovacích míst v centrech velkých měst. Vyšší pořizovací cena elektromobilu by se lépe rozložila do velkého množství jízd a využívání carsharingových služeb by pro některé skupiny obyvatel mohlo být trvale výhodnější než mít vlastní auto. MDČR již nechalo vypracovat Akční plán autonomního řízení, který definuje, jakým způsobem se má Česká republika připravovat na příchod autonomních vozidel. V dokumentu jsou definovány základní požadavky na autonomní vozidla a některá opatření v silniční dopravě. /44/ Povolení autonomního řízení v běžném silničním provozu však záleží především na vyspělosti a spolehlivosti technologie, která v současné době ještě není k dispozici.

1.3 Elektromobilita ve městech

Největší potenciál pro využití elektromobility spatřuji v centrech velkých měst a v příměstských oblastech. Elektromobil je zde ideální jako druhé auto do rodiny. Dojezd vozu nehraje tak důležitou roli. Většina jízd je uskutečňována na krátké vzdálenosti, na které bohatě vystačí kapacita baterie běžně dostupných elektromobilů. Zároveň v noci zůstávají auta zaparkovaná poblíž bytů nebo rodinných domů, případně v garážích. V noci tedy vzniká dostatečně dlouhá časová prodleva pro dobíjení elektromobilů pomocí pomalých AC dobíjecích stanic v místě bydliště. Pro cesty automobilem po městě je charakteristické časté brždění, rozjíždění, změny rychlosti a popojíždění v kolonách. Elektromobil je pro tento styl jízdy po všech stránkách velice výhodný.

Uživatelský komfort elektromobilu je oproti konvenčním automobilům vyšší, díky snadnému ovládní vozu bez spojky a řazení, lepším jízdním vlastnostem a tichému provozu bez vibrací motoru a rušivých zvuků. Elektrická auta jsou v městském provozu úsporná, při brždění nabízejí možnost rekuperace a pokud vůz stojí, motor neběží a nespotebovává žádnou energii. Potlačení hluku je ve městech více než žádoucí a elektromobily nabízejí velmi tichou jízdu, což je příjemné pro řidiče i pro kolemjdoucí a místní obyvatele.

Lokální emise elektromobilů jsou nulové, což je oproti konvenčním vozům obrovská výhoda. Emise z dopravy ve velkých aglomeracích jsou mnohem významnější problém než například na dálnicích nebo ve venkovských oblastech. Při nepříznivých povětrnostních podmínkách se mohou škodlivé emise kumulovat nízko nad zemí a negativně působit na zdraví obyvatel. V rámci středního scénáře rozvoje elektromobility se jedná o snížení emisí skleníkových plynů z osobní dopravy v Praze o cca 10 %. /1/

1.4 Problémy elektromobilů

Společným jmenovatelem většiny nedostatků a problémů elektromobilů jsou jednoznačně baterie. Baterie je klíčovým prvkem v elektromobilu, který do značné míry definuje dojezd vozu, jeho životnost, pořizovací cenu, bezpečnost, účinnost i jízdní vlastnosti. Rozdíl elektromobilu a konvenčního naftového či benzinového automobilu je v délce dojezdu poměrně významný. Konvenční vůz s velkou nádrží dokáže běžně ujet 1500 km, poté stačí vůz natankovat a znovu lze ujet dalších 1500 km. Oproti tomu výkonný elektromobil s velikou baterií (Např. Tesla model S nebo Tesla Model 3) dokáže reálně ujet přibližně 450 km. /47/ Pro pokračování v jízdě je pak nutné minimálně půl hodiny dobít na DC rychlodobíjecí stanici. V případě pomalejší DC dobíjecí stanice či omezeného dobíjecího výkonu i mnohem déle.

Nepříjemnou skutečností při dobíjení baterií elektromobilů je vznik ztrát elektrického výkonu. Ztráty vznikají při transformaci napěťových hladin, při usměrnění v polovodičových měničích, v bateriích a také na vedení. Obecně se uvádí, že ztráty při dobíjení jsou do 10 % spotřebované energie ze sítě. Německý motoristický klub ADAC provedl v roce 2021 rozsáhlou studii na 25 různých modelech elektromobilů. /61/ Všechny vozy byly nabíjeny do plné kapacity baterie 100 % na stejné AC dobíjecí stanici o výkonu 22 kW. Ztráty při dobíjení se pohybovaly v rozmezí 10-20 % spotřebované energie ze sítě. Ztráty se obecně zvyšují při rychlejší nabíjení a při nabíjení na plnou kapacitu. Nižších ztrát, než uvádí studie lze tedy dosáhnout pomalým dobíjením do max. 80 % kapacity baterie. Nejnižší ztráty při dobíjení měly elektromobily VW, Audi a Peugeot (do 12 %), naopak nejvyšších ztrát dosahovaly elektromobily BMW a Renault (téměř 20 %). /60/ Pokud se podíváme na celý cyklus výroby, přenosu, transformace, usměrnění a dobití elektrické energie do elektromobilů, ztráty jsou poměrně významné a snižují celkovou účinnost elektromobilů i jejich ekologický význam a přínos. Zvláště pak v případě, kdy bylo pro výrobu elektrické energie použito nějaké fosilní palivo, například zemní plyn.

Dalším problémem elektromobilů je vysoké napětí v bateriích a vysoká hořlavost baterií, která komplikuje hašení elektromobilů při dopravních nehodách a haváriích. Baterie vydrží hořet velice dlouho a je velmi obtížné ji uhasit. V některých případech musí být elektromobil pro celkové dohašení dokonce vložen do vodní nádrže. Kvůli vysoké hořlavosti baterií je v některých zemích (např. Německo) zakázán elektromobilům vjezd do podzemních garáží. Pro hašení elektromobilů se vyvíjí nové pracovní postupy, například společnost Bridgehill vyrábí speciální hasící plachty pro zakrytí a uhašení hořícího vozu. /31/

Jako riziko pro elektromobilitu vnímám prudký růst cen elektrické energie. Vysoká cena elektřiny nepříjemně zvyšuje provozní náklady elektromobilů. V minulosti platilo, že palivové náklady elektromobilů byly výrazně nižší než náklady konvenčních vozů. V budoucnu to však může být i naopak. Pokud jezdíme na benzin, palivové náklady jsou při současných cenách cca 1,9 Kč/km (spotřeba 5 l/100 km, 38 Kč/l benzínu). Na veřejných DoS lze nyní běžně dobíjet za cenu kolem 10 Kč/kWh. Palivové náklady elektromobilu jsou pak 1,5 Kč/km (spotřeba 15 kWh/100 km). Z tohoto jednoduchého srovnání je vidět, že rozdíl v palivových nákladech není veliký. Pokud se cena dobíjení vlivem růstu cen elektřiny zvýší na 13 Kč/kWh a cena benzínu a nafty zůstane stejná, budou palivové náklady elektromobilu vyšší než u konvenčního vozu. Zvyšování cen elektřiny může působit jako brzda elektromobility. Uživatelé nebudou mít zájem o auta, která budou mít vyšší pořizovací cenu i vyšší palivové náklady.

Zatímco životnost konvenčních automobilů je limitována především opotřebením motoru a pohyblivých částí, u elektromobilů je největším limitem jednoznačně baterie. Baterie se zvyšujícím se množstvím nabíjecích cyklů výrazně ztrácí svoji kapacitu. Negativní vliv na její životnost má také časté rychlonabíjení vysokým výkonem. Baterie ztrácí svoji kapacitu i pouhým stárnutím, i když není vůz používán, a negativně na působí také nízké venkovní teploty. Baterie přitom tvoří podstatnou část pořizovací ceny vozu. Platí několik pravidel pro šetrný provoz baterie, aby nedocházelo k rychlému úbytku její kapacity. /16/ Při jízdách na krátké vzdálenosti dobíjíme baterii pouze na 80% kapacity. Rychlodobíjecí stanice používáme, pouze pokud je to nezbytně nutné. Jestliže vozidlo stojí déle než 12 hodin, stav nabití baterie by měl být mezi 30 až 80 % kapacity. Při nabíjení baterie na plnou kapacitu (100 %) je vhodné nastavit časovač dobíjení tak, aby dobíjení skončilo těsně před začátkem plánované cesty. Společnost Volkswagen AG standardně poskytuje záruku 8 let (nebo ujetí 160 000 km, záleží, co nastane dříve), že využitelná kapacita baterie neklesne pod 70 % kapacity nové baterie. /16/

Možnost výměny baterie je vzhledem k omezené životnosti baterie, která je vždy výrazně kratší než životnost ostatních součástí elektromobilu, velmi důležitý parametr. Baterie slouží v elektromobilu také jako strukturální prvek a zpevňuje konstrukci vozu. Zároveň se jedná o chráněný prvek, neboť při haváriích se mohou baterie snadno vznítit. Výměnu baterie dokáže provádět pouze specializovaný autorizovaný servis a výměna je velice drahá. Například náklady na výměnu baterie činí u vozu Nissan Leaf 170 tis. Kč, Tesla model 3 činí 320 tis. Kč, Audi e-tron dokonce 750 tis. Kč. /17/ Cena výměny baterie se velice liší v závislosti na modelu a značce vozu.

Velmi zajímavý je koncept standardizovaných vyměnitelných baterií, které by se jako celek mechanicky vyměňovaly na speciálních stanicích u silnic a dálnic. Díky tomu bude proces dodání energie podobně rychlý jako u konvenčních automobilů. Nejdál v tomto konceptu zatím postoupila Čínská společnost NIO se svými výměnnými stanicemi Power Swap Station 2.0. /41/ Uvidíme, jakým způsobem se technologie ujme v příštích letech. V současné době se vývoj v Evropě a v Americe ubírá spíše zvyšováním rychlosti a výkonu DC rychlonabíjecích stanic a budováním husté sítě DoS.

Vyměnitelné baterie provází řada zásadních problémů, jako je bezpečnost a vůbec proveditelnost samotné výměny baterie ve venkovních podmínkách. Aby baterie mohla být snadno výměnná, nemohla by být užita jako strukturální konstrukční prvek ve voze. To by znamenalo nutnost přidání dalších konstrukčních prvků kolem baterií a zvýšení váhy vozu. Dalším problémem je různé opotřebením vyměňovaných baterií a vlastnické právo k bateriím. Mohlo by se stát, že zákazník se zcela novým elektromobilem získá při výměně několik let starou baterii, která zhorší jízdní vlastnosti a dojezd jeho vozu.

Zároveň by muselo být v oběhu dostupné velké množství dalších baterií, určených k výměně a tyto baterie by někdo musel zaplatit. /konzultace Ing. Jakub Chromec, Digiteq automotive s.r.o./ Ukazuje se tedy, že alespoň v nejbližších letech se vývoj bude pravděpodobně ubírat spíše vylepšováním vlastností standardního nabíjení pomocí kabelů a klasických DoS. Výhodou tohoto řešení je, že elektrická zásuvka je téměř všude a při kratších cestách tedy není nutné navštěvovat speciální dobíjecí stanice. Baterie se pravděpodobně budou standardně vyměňovat po cca 10 letech v autorizovaných servisech. Není ovšem vyloučené, že v budoucnu se místo DC rychlodobíjecích stanic budou používat právě speciální stanice pro výměnu baterií.

2 Analýza rozvoje elektromobility

2.1 Analýza současné situace

Za první pololetí roku 2021 bylo v České republice zaregistrováno celkem 112 000 nových automobilů, z toho 3454 elektrických vozů. V součtu bylo registrováno celkem 1262 čistě bateriových vozů (BEV) a 2192 plug-in hybridů (PHEV). Celkem elektrické vozy představují 3 % podíl na celkovém počtu nových registrací. /14/ K 30.6. 2021 je v ČR registrováno celkem 8551 osobních elektromobilů a 528 dodávek a nákladních vozů na elektřinu. Dále je v provozu také 5845 elektrických motorek a skútrů. /45/

Podle dat Ministerstva průmyslu a obchodu ČR (MPO), je v České republice k 30. 6. 2021 v provozu celkem 744 veřejných dobíjecích stanic. Z toho 182 stanic je v Praze. V Praze je největším provozovatelem dobíjecích stanic společnost Pražská energetika, a.s. (95 stanic) a ČEZ, a.s. (51 stanic). /2/ V následující tabulce je uveden aktuální seznam provozovatelů DoS v Praze.

Provozovatel	Počet stanic
Autokomplex Menčík a.s.	4
ČEZ, a.s.	51
E.ON Česká republika, s.r.o.	3
E.ON Energie, a.s.	7
ENGIE Services a.s.	1
Innogy Energo, s.r.o.	8
Lidl Česká republika v.o.s.	1
MOL Česká republika, s.r.o.	5
Olife Energy Net, a.s.	2
Pražská energetika, a.s.	95
Siemens, s.r.o.	1
Special Tours Prague s.r.o.	2
Veolia Energie ČR, a.s.	2

Tab.1: Počet dobíjecích stanic v Praze dle provozovatelů, k 30.6.2021 /2/

Z hlediska výkonu v Praze převládají stanice o výkonu 44 kW (76 stanic) a 72 kW (54 stanic), jak je patrné z následující tabulky:

Výkon	Počet stanic
nad 120kW	8
93kW	12
72kW	54
50kW	5
44kW	76
22kW	23
11kW	3

Tab.2: Počet dobíjecích stanic v Praze dle maximálních výkonů, k 30. 6. 2021 /2/

Většina dobíjecích stanic nad 50 kW má jeden nebo dva DC dobíjecí body a jeden AC dobíjecí bod. Většina rychlodobíjecích DoS je vybavena konektory CHAdeMO a CCS 2 a konektorem Typ 2 pro pomalé nabíjení. Dobíjecí stanice 44 kW mají bez výjimky dva dobíjecí body 2x22 kW a konektor Typ 2. Stanice s výkonem 22 kW mají pak zpravidla jeden nebo dva dobíjecí body (2x 11 kW) s konektorem Typ 2. Stanice o výkonu 11 kW mají zpravidla jeden dobíjecí bod Typ 2. /2/

Nejčastěji se lze potkat se čtyřmi typy provedení AC dobíjecích stanic. AC dobíjecí stanice je integrována do těla rychlodobíjecí stanice a paralelně vedle DC rychlodobíjení umožňuje i pomalé AC dobíjení. Dalším provedením je dobíjecí sloupek, který se umísťuje většinou do volného prostoru. Nejčastěji se lze setkat se sloupkovými DoS se dvěma dobíjecími body a výkonem 2x22 kW. V některých případech, pokud jsou parkovací místa hned u zdi domu či garáže se využívá nástěnný wallbox. Tato varianta provedení je nejjednodušší a nejčastěji se využívá v rodinných domech a v podzemních garážích. Poslední možností je integrování DoS do již existujícího uličního mobiliáře, především pak lamp veřejného osvětlení. Toto řešení je v současné době společným projektem PREDi a THMP. V lampách veřejného osvětlení budou 2-4 dobíjecí zásuvky typu 2. V některých zemích (např. Anglie) se využívají speciální dobíjecí sloupky, které se po skončení nabíjení zasunují do země. Tato technologie je však ve většině lokalit nepoužitelná, neboť v podzemí je umístěné velké množství různých sítí.

Existuje několik webových aplikací, které nabízejí ucelený přehled dobíjecích míst a zobrazují mapu s přesnou polohou jednotlivých dobíjecích stanic. Zpravidla je možné přes tyto webové aplikace i aktivovat dobíjení a provádět platby. Jednou z nejrozšířenějších aplikací je Chargemap, která funguje po celé Evropě včetně ČR a integruje většinu veřejných DoS od různých poskytovatelů. U každé stanice je uveden počet dostupných dobíjecích bodů, jejich výkon, aktuální obsazenost a cenové podmínky dobíjení. Mezi další webové aplikace patří například Plugshare, EVmapa nebo aplikace FutureGo společnosti ČEZ a.s. Na obrázku níže je zobrazena mapa veřejných DoS v okolí uvažované městské části Praha Holešovice, která je v mapě barevně vyznačena.



Obr.1: Mapa dobíjecích stanic poblíž městské části Praha Holešovice /46 Chargemap/

Z mapy je patrné, že v uvažované lokalitě jsou v současné době dobíjecí stanice pro elektromobily pouze ve dvou lokalitách. Jedna instalace dobíjecích stanic je umístěna v podzemních garážích OC Stromovka. Zde jsou k dispozici dva DC rychlonabíjecí body o výkonu 50 kW a 75 kW a dále čtyři AC dobíjecí body, každý o výkonu 22 kW. Další dobíjecí stanice je umístěna v podzemních garážích pod Letenskou plání v ulici Milady Horákové. Zde jsou k dispozici dva AC dobíjecí body, každý o výkonu 22 kW. V těsné blízkosti vyznačené oblasti se nachází ještě velká dobíjecí stanice PRE Zimní stadion Holešovice, kde jsou k dispozici dva DC rychlonabíjecí body 150 kW a 50 kW a dále tři AC dobíjecí body 43 kW a 2x22 kW. Další dobíjecí stanice poblíž jsou pak ve větším počtu umístěny v dolní části Holešovic, na Starém Městě, v Karlíně a v Libni. /46/

2.2 Odhady budoucího vývoje

Odhad budoucího počtu elektromobilů v Praze je založen především na projekcích Národního akčního plánu čisté mobility (NAP CM) a vizi Klimatického závazku Prahy. Pro rok 2030 je odhadován počet elektromobilů BEV mezi 60 - 200 tisíci a PHEV (plug-in hybridů) mezi 20 - 80 tisíci vozů. Počet vozů v obou kategoriích je indikován ve třech scénářích. V rámci středního scénáře je projektováno 180 tis. elektromobilů (z toho BEV 130 tis. a 50 tis. PHEV). /32/

Pro střední scénář se očekává potřeba zhruba 4,5 tis. parkovacích dobíjecích stanic a také budování nových rychlodobíjecích hubů. Parkovací dobíjecí stanici se rozumí zařízení se dvěma dobíjecími body s výkonem 11 kW (v praxi rozptýl mezi 7,4 a 25 kW, především AC), rychlodobíjecím hubem se rozumí zařízení vizuálně podobné čerpací stanici s větším počtem dobíjecích stanic s dnešním výkonem alespoň 50 kW, v budoucnu spíše >150 kW (DC) a celkovým příkonem >500 kW. /1/

2.3 Analýza vytížení dobíjecích stanic v Praze

Pro bližší pochopení fungování dobíjecích stanic v Praze jsem se rozhodl podrobněji analyzovat vytížení vybraných dobíjecích stanic v Praze. Společnost PREdistribuce a.s. mi poskytla podrobná data o dobíjení z většiny dobíjecích stanic, které v Praze provozuje. Data jsou ve většině případů měřená za období od počátku prosince 2019 do konce listopadu 2020. Pro účely méj diplomové práce budu analyzovat pouze vytížení AC dobíjecích bodů s konektory typu 2. Rychlodobíjecí DC stanice s konektory CSS a CHAdeMO tedy neuvažuji.

Na základě celkové analýzy dat jsem zjistil, že vytížení všech dobíjecích stanic se zásadně liší v prvním půlroce měření v období od 1. 12. 2019 - 31. 5. 2020 a ve druhém půlroce měření v období 1. 6. 2020 - 30. 11. 2020. Vytížení většiny dobíjecích stanic ve druhém období kleslo oproti prvnímu období o více než 50 %, u některých dobíjecích stanic to bylo i přes 90 %. Tento dramatický pokles vytížení měl dvě příčiny. První příčinou bylo, že konkurenční společnost ČEZ začala v daném období nabízet dobíjení zdarma a zákazníci hromadně začali dávat přednost konkurenčním stanicím. Druhou příčinou byla epidemie Covid-19, která celkově utlumila aktivitu na dobíjecích stanicích.

Vzhledem k tomu, že data z druhé poloviny měřeného období jsou značně zkreslená, rozhodl jsem se analyzovat pouze data z první poloviny měřeného období, tj. za půl roku v období od 1. 12. 2019 do 31. 5. 2020. Z celého souboru dat jsem se rozhodl vyřadit dobíjecí stanice, které měly zanedbatelné vytížení a dobíjecí stanice, u nichž mám k dispozici pouze nekompletní data, která neobsahují celý sledovaný půlrok. Vybral jsem tedy celkem 28 dobíjecích stanic v různých lokalitách. Názvy, přesnou specifikaci ani umístění dobíjecích stanic nesmím v souvislosti s naměřenými daty v této práci uvádět, dle podmínek poskytnutí dat od PRE Distribuce a.s.

Data obsahovala mnoho chybných a podezřele krátkých nabíjení, která často souvisela s technickým problémem při spojení. Dalším důvodem těchto dobíjení mohlo být zamítnutí autorizace, technická neznalost, případně různé další důvody. Aby mi tato data nezkreslovala celkové výsledky, rozhodl jsem se vyfiltrovat pouze nabíjení, při nichž bylo reálně dobíto alespoň 100Wh a více.

Dále uvedená data, která jsem vyhodnotil, jsou vždy za půl roku od 1. 12. 2019 do 31. 5. 2020. Celková spotřeba se u veřejných dobíjecích stanic pohybovala v širokém rozmezí od zanedbatelné spotřeby (řádově stovky kWh) do 7,4 MWh. Medián spotřeby sledovaných stanic je 1,5 MWh a průměr je 2,17 MWh za půl roku. Velmi záleželo především na lokalitě dobíjecí stanice. Počet dobíjení je rovněž v širokém rozmezí od desítek dobíjení do cca 880 dobíjení. Medián je 180 dobíjení na jednu stanic, průměr je 237 dobíjení na stanic. Přes 92 % dobíjení probíhalo ve dne a pouze 8 % dobíjení se uskutečnilo přes noc. Počty nočních dobíjení na různých stanicích byly velmi odlišné. Na některých stanicích to byly pouze jednotky dobíjení, jinde i vyšší desítky dobíjení.

Průměrná délka jednoho dobíjení ve dne je 1,8 hodiny a průměrně se dobíje 8,8 kWh. Medián je o něco nižší 1,6 hodiny na jedno nabíjení a 7,7 kWh dobítené energie. V noci trvá dobíjení zpravidla o dost déle, průměrná doba dobíjení byla 20,7 hodiny a průměrně bylo dobíto 19,6 kWh. Medián je 14,6 hodiny dobíjení a 16 kWh dodané energie. V noci se tedy medián od průměru liší významněji.

	Počet dobití	Spotřeba (MWh)	den		noc	
			kWh/dobití	délka (hod)	kWh/dob	délka (hod)
medián	180	1,50	7,7	1,8	16	14,6
průměr	237	2,17	8,8	1,9	19,6	19,6

Tab.3: Shrnutí výsledků vlastní analýzy

V tabulce výše uvádím shrnutí výsledků vlastní analýzy. Na základě této analýzy jsem si udělal rámcový náhled na současné vytížení veřejných dobíjecích stanic v Praze. Je důležité konstatovat, že analyzované dobíjecí stanice jsou umístěny po celé Praze v různých místech a mají svoje specifika, zjištěná data tedy beru spíše jako orientační.

Dále jsem si ze souboru dobíjecích stanic vybral jednu dobíjecí stanici, která svým umístěním a způsobem provedení nejvíce odpovídá mému projektu a lokalitě. Zároveň tato stanice měla dobře změřená a kvalitní data za celý sledovaný půlrok. Zde jsem se důsledněji zaměřil na rozdíly v intenzitě dobíjení v noci a ve dne. Noční nabíjení trvalo v průměru 13,5 h a na jedno dobíjení bylo spotřebováno cca 30,4 kWh. Za půl roku proběhlo celkem 64 nočních dobíjení, tj. přibližně každou třetí noc. Naopak denní nabíjení trvalo v průměru 2,5 hodiny a na jedno dobití bylo využito cca 11,6 kWh. Ve dne proběhlo celkem 341 dobití, přibližně dvě dobití za den. Celková spotřeba stanice za půl roku byla 6 MWh, 2 MWh spotřeby tvořilo noční nabíjení a 4 MWh spotřeby denní nabíjení. Přehledné výsledky jsou uvedeny v následující tabulce.

Noční nabíjení	
Průměrná doba trvání	13,5 hod
Počet nabití	64 krát
Dobito celkem	1945 kWh
Průměrně odebráno	30,39 kWh/dobití
Denní nabíjení	
Průměrná doba trvání	2,5 hod
Počet nabití	341 krát
Dobito celkem	3967 kWh
Průměrně odebráno	11,63 kWh/dobití

Tab.4: Shrnutí výsledků vlastní analýzy

Jelikož se změřená data na jednotlivých dobíjecích stanicích výrazně lišila, rozhodl jsem se dále pracovat s daty z této vybrané referenční stanice. Průměrováním všech porovnávaných dobíjecích stanic, umístěných v rozdílných lokalitách, bych dosáhl příliš zkreslených výsledků. Rozhodl jsem se odhadnout maximální možné vytížení stanice a porovnat ho se zjištěným vytížením. Cílem je zjistit, jaké bylo přibližně vytížení referenční dobíjecí stanice oproti maximální stanovené hodnotě.

2.3.1 Stanovení maximálního vytížení dobíjecího bodu

Předpoklady pro stanovení max. zatížení

- 1) Dobíjecí body jsou samostatné a ke každému dobíjecímu bodu náleží jedno parkovací místo
- 2) Stanice poskytuje dostatečný výkon pro dobíjení elektromobilů na všech dobíjecích bodech současně
- 3) V noci lze reálně uskutečnit pouze jedno dobíjení
- 4) Ve dne uvažují maximálně tři dobíjení s ohledem na průměrnou dobu denního nabíjení a rozumné intervaly nutné pro přeparkování aut

Na základě těchto předpokladů uvažují, že za měsíc je možné na jednom dobíjecím bodu uskutečnit maximálně 30 dobití v noci a 90 dobití ve dne. Za rok je tedy možné uskutečnit maximálně 1440 dobití, z toho 360 v noci a 1080 ve dne. Tyto hodnoty tedy považují za maximální využití dobíjecího bodu. Standardní dobíjecí stanice s dvěma dobíjecími body tedy umožňuje až 2880 dobití ročně.

Vybraná referenční dobíjecí stanice dosahovala vytížení 28 %. Vytížení ostatních dobíjecích stanic dle mojí metodiky bylo často ještě nižší, ale záleželo na lokalitě. Potenciál dobíjecích stanic není v současné době ani zdaleka naplněn. Lze však předpokládat, že s rostoucím množstvím elektromobilů a zákazníků na trhu bude procento využití stanic růst.

2.4 Ceny veřejného dobíjení

Provedl jsem srovnání cen a tarifů dobíjení od vybraných poskytovatelů, kteří nabízejí veřejné dobíjení elektromobilů na území Hlavního města Prahy. Cena dobíjení se nejčastěji skládá z platby za dodanou kWh, z měsíčního paušálu a z časové platby za minutu dobíjení. V následující tabulce je uveden přehled podmínek a cen jednotlivých tarifů.

Škoda Powerpass		AC	DC	DC IONITY
Charge free	0 Kč/měs	16,2 Kč/kWh	21 Kč/kWh	21 Kč/kWh
Simply chargé	125 Kč/měs	6,9 Kč/kWh	13,7 Kč/kWh	13,7 Kč/kWh
Charge faster	250 Kč/měs	6,2 Kč/kWh	10,9 Kč/kWh	8,2 Kč/kWh

PRE	AC	DC do 75kW	DC 150+kW
Jednorázově	240 Kč/h	360Kč/h	480Kč/h
Pravidelně	5 Kč/kWh	6 Kč/kWh	8 Kč/kWh
	1 Kč/min	2 Kč/min	2 Kč/min
	volné min	120 min	60 min
			30 min

ČEZ	AC	DC do 99kW	HPC 99+kW
Registrovaný	6 Kč/kWh	8 Kč/kWh	10 Kč/kWh
Neregistrovaný	8 Kč/kWh	10 Kč/kWh	12 Kč/kWh
	zpoplatnění 2Kč/min při delším stání		

Tab.5: Ceny dobíjení Powerpass Škoda auto, PRE, ČEZ /19//20//21/ k 20.12.2021

V rámci služby Škoda Powerpass, která sdružuje do jednoho systému dobíjecí stanice od různých poskytovatelů, platí uživatel měsíční paušál a platbu za odebranou kWh. Škoda Powerpass nabízí tři tarify s různou výší měsíčního paušálu a odlišnými cenami za odebranou kWh. PRE a.s. nabízí dva tarify pro jednorázové dobítí a pro pravidelné dobíjení. V jednorázovém tarifu uživatel platí pouze za čas dobíjení, bez ohledu na množství spotřebované energie. V tarifu pro pravidelné dobíjení uživatel platí platbu za odebranou kWh a časovou platbu za minutu dobíjení, přičemž v rámci tarifu je vždy určitý počet volných minut zdarma. ČEZ a.s. nabízí dva tarify pro neregistrované a registrované zákazníky a dobíjení je zpoplatněno podle množství odebrané energie. Při delším blokování dobíjecí stanice však ČEZ účtuje poplatek 2 Kč/min. Nejlevnější u všech poskytovatelů bývá zpravidla pomalé AC nabíjení, naopak nejdražší je rychlonabíjení na DC dobíjecích stanicích s velikým výkonem.

2.5 Elektromobily a jejich parametry

V tabulce níže srovnávám nejdůležitější parametry vybraných elektromobilů. Podrobnější srovnání elektromobilů uvádím v příloze.

Model	kapacita	dojezd	spotřeba	AC nabíjení 100%	výkon nabíjení AC	výkon nabíjení DC	cena
	kWh	km	Wh/km	hod	kW	kW	tis.Kč
Střední C, Hatchback							
Volkswagen ID.3 Pro	62	350	166	6,25	11	100	921
Nissan Leaf e+	62	325	172	10	6,6	100	1 005
Citroen e-C4	50	250	180	7,25	7,4	100	912
Nissan Leaf	40	220	164	11,75	3,6	46	789
Volkswagen e-Golf	35,8	190	168	5,25	7,2	40	861
Hyundai IONIQ Electric	40,4	250	153	6,25	7,2	44	930
Malé B, Hatchback							
Renault Zoe ZE50 R110	54,7	315	165	3	22	46	842
Renault Zoe ZE50 R135	54,7	310	168	3	22	46	895
Peugeot e-208	50	275	164	7,25	7,4	100	801
Renault Zoe ZE40 R110	54,7	255	161	2,25	22	45	789
Fiat 500e 3+1	42	250	168	4,5	11	85	778
BMW i3 120 Ah	42,2	235	161	4,25	11	49	1 026
Malé B, SUV							
Hyundai Kona Electric 64	67,5	400	160	7	11	77	1 101
Kia e-Soul 64 kWh	67,1	365	175	10,5	7,2	77	995
Hyundai Kona Electric 39	42	255	154	4,25	11	50	917
Peugeot e-2008 SUV	50	250	180	7,25	7,4	100	928
Kia e-Soul 39 kWh	42	230	170	6,5	7,2	50	895
MG ZS EV	44,5	220	193	7,75	6,6	76	864
Volkswagen ID.3 Pro S	82	450	171	8,25	11	125	1 105

Tab.6: Srovnání parametrů vybraných elektromobilů /47/

Mezi základní parametry elektromobilu patří kapacita baterie, maximální výkon AC palubní nabíječky, maximální výkon DC rychlonabíjení, spotřeba a reálný dojezd. V neposlední řadě je důležitá také cena vozu. V cenové kategorii vozů do 1,1 milionu Kč se kapacity baterií pohybují v rozmezí 40 - 70 kWh. Reálné dojezdy vozů jsou v rozmezí 220 – 450 km, nejčastěji 250 km. Spotřeba elektřiny 165-180 Wh/km, ale značně závisí na stylu jízdy a aktuálním počasí. Například při rychlé jízdě po dálnici za studeného nebo naopak velmi horkého počasí může být spotřeba i dvojnásobná. Výkony integrovaných palubních AC nabíječek se pohybují v rozmezí 7,2 - 11kW. Výjimečně mají některé vozy výkon nabíječky až 22 kW, například Renault ZOE. Výkon DC rychlodobíjení bývá v rozmezí 46 – 100 kW. /47/ Pro návrh AC dobíjecích stanic je klíčové rozmezí kapacity baterie 40 – 70 kWh (průměr 55 kWh) a výkon AC nabíječek nejčastěji 7,2 kW nebo 11 kW.

2.6 Současná koncepce elektromobility v Praze

Rozvoj elektromobility v Praze, a především pak budování dobíjecí infrastruktury je vhodné řešit koncepčně z pohledu celého města. Pokud by se rozvoji nechal zcela volný průběh, zbytečně by mohlo docházet ke zvyšování nákladů a tvorbě nekonceptních a do budoucna nevhodných řešení elektromobility. Problematiku budování dobíjecí infrastruktury řeší dokument Generel rozvoje dobíjecí infrastruktury v Hlavním městě Praze do roku 2030. /1/ Dokument zpracovala městská společnost Operátor ICT, a.s. Hlavním účelem dokumentu je zhodnotit možné varianty rozvoje elektromobility do roku 2030 a navrhnout způsoby a postupy při budování dobíjecí infrastruktury. Dokument byl radou hlavního města schválen 22. února 2021.

Dokument rozlišuje v Praze tři základní typy dobíjení elektromobilů: parkovací dobíjení, rychlodobíjecí huby a P+R dobíjení. Parkovací dobíjecí stanic se rozumí AC dobíjecí zařízení se dvěma dobíjecími body s výkonem v rozmezí 7,4 - 25 kW, nejčastěji 11 kW. Rychlodobíjecí hub je instalace většího počtu DC dobíjecích stanic s výkonem minimálně 50 kW (v budoucnu min 150 kW). Celkový příkon dobíjecího hubu bývá více než 500 kW. Zařízení je vizuálně podobné konvenčním čerpacím stanicím. P+R dobíjení je řešení dobíjení vozů na parkovištích P+R na okrajích Prahy, bude vznikat současně s budováním nových P+R parkovišť. /1/

Budování dobíjecí infrastruktury v centru města má být v příštích letech založeno především na využití ev-ready lamp veřejného osvětlení. V rámci obnovy infrastruktury budou posíleny přívodní kabely k lampám a přímo ve sloupku lampy budou umístěny dobíjecí stanice. Projekt realizace EV-ready lamp již probíhá díky vzájemné spolupráci společností Technologie hl. m. Prahy, a.s. a PRE Distribuce, a.s. Na Vinohradech v ulici Polská byl již realizován pilotní projekt dobíjecí stanice na ev-ready lampě se dvěma dobíjecími body s výkonem 2x22 kW, celkem 44 kW. Společnost PRE získala dotaci z Operačního programu Doprava na rozvoj pomalého AC dobíjení a plánuje v Praze vybudovat přibližně 100 dobíjecích stanic. Součástí projektu je vybudování stanic i jejich provozování.

V některých pražských ulicích však nejsou klasické lampy a pouliční osvětlení je zavěšeno na laně nataženém mezi budovami. Toto řešení pouličního osvětlení je charakteristické také pro moji zájmovou oblast Praha Holešovice. Řešení DoS pomocí ev-ready lamp zde tedy není možné a DoS bude nutné připojit na existující (případně posílenou) síť NN, která slouží k napájení budov.

2.7 Role města při budování dobíjecí infrastruktury

Při budování dobíjecích stanic pro elektromobily má Hlavní město Praha velmi důležitou úlohu. Většina dobíjecích stanic se staví a v budoucnu bude stavět na veřejných komunikacích, tedy na městských pozemcích. Město tedy musí přijít s vlastní koncepcí a legislativou na jejímž základě bude dobíjecí stanice povolovat. Zároveň rozvoj dobíjecí infrastruktury je v zájmu města a nabízí se mnoho možností podpory rozvoje. Generel uvádí, že návratnost investic pro parkovací dobíjecí stanice bez podpory zatím není pro soukromé investory přijatelná. Dle dokumentu musí být cena pomalého AC dobíjení pro dosažení výnosnosti projektu 3 % cca 5 - 6 Kč/kWh. (Generel počítá s cenami EE před zdražením) V dohledné době se počítá s realizací drobných pilotních projektů parkovacích dobíjecích stanic ve vazbě na budovy, například s využitím bateriového úložiště nebo s využitím FVE. Město může využít možnosti pronájmu vhodných veřejných prostor soukromým investorům a může stanovit určité nediskriminační podmínky, kde a s jakými parametry může soukromý investor vybudovat parkovací dobíjecí stanice. Nejlepší je návratnost investice do rychlodobíjecích stanic. Pro výstavbu rychlodobíjecích hubů lze tedy počítat s aktivním zapojením soukromých investorů. /1/

Možné role města při budování dobíjecí infrastruktury jsou následující:

- a) Město jako investor a provozovatel.
- b) Město jako zadavatel koncese.
- c) Město jako podílník v joint venture (JV), který je investorem a provozovatelem.

2.7.1 Město jako investor a provozovatel

Investorem a provozovatelem stanic je město a pro samotnou realizaci využívá některé z městských společností. Vybrané městské společnosti pak najímají různé subdodavatele pro jednotlivé dílčí stavby na základě zákona o zadávání veřejných zakázek (ZZVZ). Každému projektu dobíjecích stanic předchází investiční záměr, který město schválí. Město pak realizuje stavby přípojek a instalaci dobíjecích stanic a po úspěšné realizaci rovněž zajišťuje provoz stanic. Všechny akce město provádí prostřednictvím několika městských společností.

2.7.2 Město jako zadavatel koncese

Město je zadavatelem koncese a pověřené městské společnosti připraví koncesní projekt, na jehož základě je připravena zadávací dokumentace. Město na základě svých kritérií vybere koncesionáře. Koncesionář zainvestuje výstavbu dobíjecích stanic a po realizaci zajistí i jejich provoz. Všechny podmínky realizace a provozování stanic jsou definovány v koncesním projektu (zadávací dokumentaci). Pro eliminaci rizika nedovolené veřejné podpory je tato varianta nejvhodnější.

2.7.3 Joint venture

Joint venture je forma spolupráce dvou a více stran za účelem realizace společného projektu v rámci podnikání. Základním principem je vzájemnou spoluprací dosáhnout vybudování sítě dobíjecích stanic a využít vzájemné synergie. V rámci joint venture se obě strany podílejí na zisku, případně na ztrátě z projektu. Město tedy může vytvořit společně se soukromým subjektem nový společný joint venture podnik. Vkladem města do podniku mohou být finanční zdroje, práva k užívání pozemků, různá infrastruktura apod. Vkladem soukromé společnosti může být nová technologie a know-how. Vybudovaná infrastruktura je pak společným majetkem města a soukromé společnosti. Joint venture lze realizovat jako korporátní (založení obchodní korporace pro plánovanou spolupráci) nebo jako

smluvní (spolupráce bude plánována smluvně). Všechny podmínky fungování musí být předem jasně definovány ve společenské smlouvě. /1/

2.8 Carsharing

Carsharing by měl být v budoucnu velmi rozšířeným způsobem využívání osobních vozů ve městě a v příměstských oblastech. Jedná se o velice efektivní způsob, jak maximálně využít potenciál každého vozu a snížit podíl času kdy vůz bez užitku stojí a blokuje nedostatková parkovací stání. Pro efektivní fungování sdílení automobilů je však nutné zapojení co největšího počtu vozů a uživatelů. Předpokládá se, že skutečný rozvoj carsharingu přijde až s nástupem autonomně řízených vozů. Potom bude celý systém fungovat podobně jako taxislužba a přinese velký komfort pro koncového zákazníka, který se nebude muset o vůz starat, řídit ho, ani hledat místo pro parkování. Carsharing bude navíc pravděpodobně ekonomicky výhodnější než vlastnit svůj vůz. K uskutečnění této vize však vede dlouhá cesta, zahrnující technologické překážky autonomního řízení, legislativní překážky a v neposlední řadě také ochotu lidí sdílet automobil s dalšími uživateli.

2.8.1 Carsharing v Praze

Carsharing v Praze v menším měřítku funguje již několik let. Mezi jeho uživatele patří převážně skupina lidí, kterým se nevyplatí provozovat svůj vlastní automobil, případně nemají možnost s ním nikde parkovat. Carsharing v současné době provozuje několik soukromých společností. Ve všech případech carsharing funguje tak, že uživatel získá přístup do vozu prostřednictvím online mobilní aplikace nebo čipové RFID karty. Po odemknutí vozu může zákazník s autem vyrazit kamkoliv po Praze, případně i mimo Prahu. Před ukončením zápůjčky musí uživatel zaparkovat vůz ve vyznačených obsluhovaných zónách daného carsharingu.

Carsharing elektrických vozů neboli e-carsharing má v Praze již nyní značný potenciál a existují první dvě společnosti, které e-carsharing začaly nabízet. Hybridní sdílené vozy nabízí společnost Anytime carsharing v podobě hybridní Toyoty Yaris. /48/ Čistě elektrické vozy nabízí společnost GreenGo v podobě elektrických vozů Volkswagen e-UP. Společnost Greengo je největší poskytovatel e-carsharingu v Praze, provoz jejich sdílených aut byl spuštěn v únoru 2020. GreenGo má po celé Praze přes 200 sdílených elektromobilů Volkswagen e-UP. Všechny elektromobily se otevírají pomocí mobilní aplikace a slouží především pro rychlé a krátké přesuny po Praze. /49/ Na základě písemného vyjádření společnosti GreenGo jsem zjistil následující informace. Společnost GreenGo by využila veřejných AC dobíjecích stanic v modrých zónách, pokud by mohla kupovat elektřinu za zvýhodněných podmínek. Rozvoji elektromobility by nejvíce pomohly dotace na nákup elektromobilů, větší infrastruktura dobíjecích stanic a změna současného spotřebitelského vnímání elektromobility. Obvyklá doba výpůjčky vozu se pohybuje v délce 20 – 30 min. (to je dle mého názoru dáno především aktuální cenovou politikou společnosti) Mezi nejčastější uživatele patří mladý muž do 35 let, bez vlastního auta, se zájmem o nové technologie a sdílenou mobilitu. /z písemného vyjádření společnosti GreenGo/

Největší carsharingová společnost v Praze je Car4way a.s. Po celém městě provozuje více než 1000 sdílených automobilů. V minulosti tento carsharing nabízel elektromobily Volkswagen e-golf, přibližně před rokem však elektromobily stáhl z nabídky carsharingu a jsou dostupné pouze v jeho půjčovně.

2.8.2 Dobíjecí stanice pro carsharing

Dobíjení pro carsharingové flotily se nabízí jako jedna z variant veřejného parkovacího dobíjení. Uvažovaná DoS a k ní náležející parkovací místa by byly určeny pouze pro elektromobily spadající do systému carsharingu. Tato varianta v současné době nemá žádnou legislativní oporu. Dle mého názoru je ovšem koncepční a ve větším měřítku by měla určitý potenciál pro zlepšení celkové dopravní situace v centru Prahy.

Po změně legislativy bude ke každé dobíjecí stanici přiřazeno označené parkovací místo P-rezerve, vyhrazené pouze pro sdílené vozy. Ostatní konvenční automobily, ani elektromobily tak nebudou mít oprávnění na vyznačeném místě parkovat. Naopak sdílené vozy nebudou mít oprávnění dlouhodobě parkovat mimo tato vyznačená místa. Počet sdílených vozů a dobíjecích míst by měl být přibližně shodný s určitou rezervou parkovacích míst. Očekávám, že masové rozšíření carsharingového dobíjení může přijít v horizontu 15-20 let. Dál ve své práci tuto variantu využití instalace DoS neuvažuji, neboť by v dohledné době neměla využití.

3 Místní specifika a legislativa

V rámci této diplomové práce jsem se rozhodl řešit dobíjení pro elektromobily v centru Prahy v blokové zástavbě činžovních domů z přelomu 19. a 20. století. V Praze se jedná především o městské čtvrti Vinohrady, Holešovice, Smíchov, Dejvice, Karlín, Žižkov a Vršovice. Tato zástavba je charakteristická uzavřenými bloky bytových domů, relativně úzkými ulicemi s minimem zeleně a omezenou kapacitou parkovacích míst. Instalaci dobíjecích stanic bych chtěl umístit na chodník na veřejné prostranství před bytovým domem. Uvažovaný bytový dům je umístěn v katastrálním území Praha-Holešovice. Konkrétní polohu ani adresu domu v práci nebudu uvádět. Před domem se nachází chodník široký cca 3 metry a vozovka se šikmým parkovacím stáním pro cca 5 automobilů v modré zóně. Bytový dům je v soukromém vlastnictví, chodník a přilehlá místní komunikace před domem je ve vlastnictví města.

3.1 Zásady pro zřizování dobíjecích stanic

Celkovou koncepci dobíjecí infrastruktury v Praze definuje dokument Zásady zřizování dobíjecí infrastruktury, který byl schválen Radou Hlavního města Prahy dne 23. 3. 2020. /4/ Dokument rozlišuje čtyři typy městské zástavby – rostlé město, blokové město, rodinné domy a modernistické město a dále čtyři typy veřejných prostranství – uliční prostranství nepáteřních komunikací, veřejně přístupná parkoviště a garáže, veřejně nepřístupná parkoviště a garáže a páteřní místní komunikace. Pro každou kombinaci kategorií stanovuje, jaké DoS je vhodné zde budovat.

V uvažované lokalitě se jedná o uliční prostranství nepáteřních místních komunikací v blokovém městě. Zde je přípustné budování pouze pomalých AC dobíjecích stanic. DoS by měly sloužit především rezidentům. Při budování DoS nesmí dojít ke snížení kvality veřejného prostranství a ke zhoršování prostupnosti města pro chodce a cyklisty. Pro DoS je přípustné využít větších uličních prostranství, ostrůvků a zálivů. Při zřízení DoS musí být zachován průchozí prostor chodníku minimálně 2 metry.

DoS musí být umístěna do linie s již existujícím mobiliářem v ulici (osvětlení, stožáry, značky apod.). Nesmí zasahovat do rozhledových trojúhelníků dle ČSN 73 6102 a do pohledových a kompozičních os. DoS musí respektovat trasy pro nevidomé a splňovat podmínky elektromagnetické kompatibility. Doporučené je, aby DoS umožňovala dobíjení alespoň dvou vozů a měla co nejvíce technických komponentů umístěných pod zemí nebo v přilehlém objektu. Velmi žádoucí je integrace DoS do již existujících prvků mobiliáře.

Nepřípustné je zřizování jakékoliv rychlé dobíjecí infrastruktury. Žádné DoS nesmí být instalovány v úzkých ulicích s šířkou menší než 12 m, v ulicích s tramvajovým pásem (výjimkou jsou široké tramvajové ulice s více než dvěma jízdními pruhy pro každý směr), v prostoru před kulturními památkami a na náměstích. /4/

3.2 Legislativa pro nové stavby

Nově schválená legislativa platná od 12. listopadu 2021 stanovuje, že ve větších bytových domech musí být každé parkovací místo vybaveno elektrickou zásuvkou, využitelnou pro dobíjení vozů. U kancelářských budov a dalších komerčních prostor bude muset být příívodem elektřiny vybaveno přinejmenším každé páté parkovací místo. Každá nová stavba, případně změna dokončené stavby (mimo bytových domů) s více než 10 parkovacími místy musí disponovat dle vyhlášky č.268/2009 Sb. nejméně jednou DoS. Zároveň pro každé páté místo musí být zřízen příívod pro možnou instalaci DoS v budoucnu. /3/ Standardem pro nové projekty je výkon minimálně 11 kW na parkovací místo.

V praxi to znamená, že je u nových developerských projektů zřizován ke každému parkovacímu místu samostatný elektroměrový rozvaděč a volitelně buď 3f zásuvka nebo přímo wallbox. Každý majitel elektromobilu pak může mít vlastní smlouvu s dodavatelem energií. SVJ tím pádem nemusí řešit odečty energií. Pomocí třífázové zásuvky lze nyní dobíjet v zásadě jakýkoliv elektromobil, prostřednictvím kabelu, který automobilka dodává jako příslušenství. Wallbox je lepší z pohledu pokročilejších funkcí ochrany, průběhového měření spotřeby, autorizace k nabíjení a časování nabíjení. V budoucnosti se u budov stane nezbytností vybavit dobíjecí zásuvky funkcí Chytrého řízení spotřeby (load balancing). Díky této funkci se zabrání přetížení sítě a výpadkům.

Na základě Metodického doporučení Hasičského záchranného sboru (HZČR) /8/ je pro garáže vybavené dobíjecími stanicemi doporučeno instalovat systém EPS (elektrická požární signalizace) s napojením na pult centrální ochrany místně příslušného hasičského záchranného sboru. Doporučená šířka parkovacího stání je 3,5 m (podobně jako pro osoby tělesně postižené dle ČSN 73 6056, článku 6.6.2). /8/ Parkování elektromobilů v podzemních garážích je obecně z požárního hlediska poměrně problematické. Elektrické auto lze velmi obtížně uhasit a může způsobit požár okolních vozů a celé budovy. V některých německých městech je parkování elektromobilů v podzemních garážích kvůli požárním rizikům dokonce zcela zakázáno.

3.3 Parkování

Parkování v těchto částech Prahy je bez výjimky regulováno pomocí modrých zón. V modré zóně mají zvýhodněné parkování rezidenti s trvalým pobytem v dané lokalitě (paušální platba 1200 Kč/rok). Pro elektromobily a plug-in hybridy (PHEV) s emisemi do 50 g CO₂/km, je parkování v modrých zónách

dokonce zdarma, za symbolický registrační poplatek 100 Kč/rok. Podmínky udělení registrace a další náležitosti stanovuje Metodický pokyn pro výdej parkovacích oprávnění. /50/ Je pravděpodobné, že do budoucna bude parkování pro elektromobily částečně zpoplatněno. Pro ostatní uživatele konvenčních vozů je parkování v modré zóně velmi drahé (40 - 80 Kč/hod podle městské části). Odhadem zde na 2 - 3 byty připadá pouze jedno parkovací stání, což je opravdu velmi málo. Převís množství aut nad počtem dostupných parkovacích míst je zde patrný každý den a ve večerních hodinách bývají často obsazena úplně všechna parkovací stání.

Rozšiřování parkovacích kapacit je velmi obtížné. Zřízení dalších parkovacích míst v historické zástavbě je v podstatě nemožné. Všechny domy podléhají památkové ochraně a výstavba podzemních garáží znamená demolici domu nebo zásadní rekonstrukci. Nová parkovací místa tak mohou vznikat pouze v nových projektech. V listopadu 2019 byla v blízkosti uvažovaného domu dokončena stavba OC Stromovka, které nabízí podzemní garáže s kapacitou 500 automobilů pro návštěvníky obchodního centra i pro rezidenty. Další podzemní garáže jsou pak umístěné pod Letenskou plání v ulici Milady Horákové.

Zřízení rezervovaného místa pro konkrétní automobil záleží na rozhodnutí Magistrátu hl.m.Prahy. Zpravidla je umístění značky P-reservé na konkrétní SPZ možné pouze pro osoby s těžkým zdravotním postižením, kteří doloží potřebné potvrzení od lékaře. V minulosti již však magistrát povolil i zřízení rezervovaného místa P-reservé pro elektromobily v modré zóně. Jedná se však o delší povolovací proces a úspěch žádosti záleží především na rozhodnutí magistrátu a jeho prioritách.

Aby bylo možné vůbec efektivně provozovat dobíjecí stanice v modrých zónách, mělo by dojít ke změně legislativy. Legislativa by měla umožnit zřízení rozumného množství parkovacích míst s dobíjecími stanicemi, které budou vyhrazené pouze pro elektromobily a jejich dobíjení. V případě neoprávněného parkování na takto vyznačených místech by mělo být možné cizí auto odtáhnout na náklady majitele auta v součinnosti s policií.

3.4 Dotace

Na oblast elektromobility se vztahuje řada dotačních programů. Mezi dotační programy, zabývající se podporou elektromobility patří operační programy NPO, OPD (Operační program doprava - výstavba stanic), NZÚ, OP TAK a OP PIK (pořízení elektromobilu), IROP (pro veřejnou dopravu) a modernizační fond.

V rámci programu Nová zelená úsporám (NZÚ) je v současné době podpořeno pouze pořízení soukromé dobíjecí stanice (Wallboxu). Získání dotace je podmíněno splněním několika podmínek. Dobíjecí stanice a příslušné parkovací místo musí být ve vlastnictví žadatele. Dotaci nelze poskytnout na dobíjecí stanice určené pro veřejné a komerční provozy. Wallbox dále musí mít funkci řízení odběru elektřiny při dobíjení ze sítě. Lze čerpat podporu ve výši 30 000 Kč pro dobíjecí stanice v rodinných domech, nebo podporu 45 000 Kč pro dobíjecí stanice v bytových domech. Podporu nelze čerpat opakovaně a lze podpořit maximálně dva dobíjecí body. Podpora vždy pokrývá maximálně 50 % nákladů. O dotaci mohou žádat vlastníci domů nebo společenství vlastníků. /11/

Dotační tituly na veřejné dobíjecí stanice budou pravděpodobně vypsány v první polovině roku 2022 a v současné době není známo, jaké druhy dobíjecích stanic budou podpořeny, ani jaká bude skutečná výše podpory. Lze tedy konstatovat, že pro žádnou z navrhovaných variant instalace dobíjecích stanic

nyní nelze získat dotační podporu. Pro podporu soukromé dobíjecí stanice není splněna podmínka, že parkovací místo musí být ve vlastnictví žadatele. V rámci mé práce tedy neuvažuji získání dotační podpory na žádnou z posuzovaných variant. Nicméně investorovi doporučuji před realizací vyčkat, než budou vypsány nové dotační programy.

3.5 Distribuční tarify

V mé práci budu rozlišovat dva základní druhy distribučních tarifů. Tarify začínající písmenem D (např. D27d, D26d) jsou určeny pro domácnosti, naopak tarify začínající písmenem C (např. C27d, C26d) jsou určeny pro podnikatele. Hlavním rozdílem mezi tarify je, že spotřebovaná elektřina v tarifu pro domácnosti nelze uplatnit v účetnictví jako daňový náklad. Tarif označený D (domácnosti) tedy mohou použít pouze v případě, pokud budou využívat elektřinu jen pro vlastní spotřebu, popřípadě pro vlastní elektromobil. Pokud nabídnu elektřinu veřejně dalším osobám, musím mít sjednaný tarif C27d. Tarify pro podnikatele jsou zpravidla o trochu dražší než pro firmy. Nad hodnotu jističe 3×63 A se odběratel podílí na nákladech spojených s připojením a se zajištěním požadovaného příkonu. /15/

Přímo pro dobíjení elektromobilů jsou určeny tarify D27d a C27d. Podmínkou získání obou tarifů je doložení vlastnického nebo užívacího práva k elektromobilu. Lze tedy uvést i leasing, případně další formy užívacího práva k elektromobilu. Jedná se o dvousazbové tarify. Nízký tarif musí být aktivní minimálně 8 hodin denně v rozmezí od 18:00 večer do 8:00 ráno. Konkrétní časy spínání mohou být různé a řídí se pomocí hromadného dálkového ovládání (HDO). NT může být v rámci uvedeného časového intervalu rozdělen maximálně do tří souvislých časových pásem (do roku 2021 platila možnost rozdělení pouze do dvou pásem). Jednotlivé časové úseky však nesmí být kratší než jedna hodina. /15/ V současné době je na území PREDi obvyklé, že NT spíná pravidelně ve 22:00 večer a běží nepřetržitě do 6:00 ráno. Všechny ostatní hodiny během dne je aktivní VT./9/ Časové vymezení pásem nemusí být shodné pro všechny uživatele. Dále platí, že pokud je sazba přidělena po 31. 3. 2022, musí mít DoS možnost technického blokování dobíjení ve VT. Distributor má právo blokovat dobíjení ve VT po dobu max. 8 hodin denně, pokud je v soustavě nedostatek výkonu či distribuční kapacity. /15/

Tarify pro akumulaci mají označení D25d nebo D26d pro větší spotřebu. Tarif lze získat, pokud je v objektu instalován akumulační spotřebič. Jedná se o dvousazbový tarif. Nízký tarif musí být aktivní minimálně po dobu 8 hodin. /15/ Oba tarify vycházejí pro dobíjení elektromobilu o něco méně výhodněji, nicméně je zde uvádím, protože jsou jednou z možností pro soukromou dobíjecí stanici, pokud by spotřebitel nedostal povolení k přiznání sazby D27d.

3.6 Složky ceny elektřiny

Cena elektrické energie se skládá z několika různých složek. V základu rozdělujeme cenu na neregulovanou a regulovanou část. Neregulovaná část ceny se skládá z platby za spotřebu elektřiny ve VT a NT a za odběrné místo. Tato cena nepodléhá žádné regulaci a určuje ji pouze obchodník, potažmo vývoj ceny elektřiny na burze. Regulovaná část se skládá rovněž z platby za spotřebu elektřiny ve VT a NT, dále z daně za elektřinu, platby za příkon (dle hlavního jističe), platby na podporu OZE a z platby za systémové služby a služby operátora trhu.

Regulovanou část ceny stanovuje Energetický regulační úřad v cenových rozhodnutích. Z celkové ceny elektřiny se ještě platí 21 % DPH. V následující tabulce je uveden přehled jednotlivých složek ceny elektrické energie bez DPH pro distribuční tarif C27d k datu 30. 11. 2021.

NEREGULOVANÁ ČÁST	
Neregulovaná cena EE ve VT (Kč/MWh)	3600
Neregulovaná cena EE v NT (Kč/MWh)	2300
Platba za odběrné místo (Kč/měsíc)	99
REGULOVANÁ ČÁST	
Platba za distribuci elektřiny ve VT (Kč/MWh)	2078,40
Platba za distribuci elektřiny v NT (Kč/MWh)	135,91
Daň z elektřiny (Kč/MWh)	28,3
Platba za příkon	
Dle jističe 3x40/ 3x63/ 3x100 A (Kč/měsíc)	514/810/1285
Platba na podporu OZE	
Dle jističe (Kč/A/měsíc)	15,07
Dle spotřeby (Kč/MWh)	495
Systémové služby (Kč/MWh)	93,3
OTE (Kč/měsíc/odběrné místo)	3,91
DPH z celkové částky	21%

Tab.7: Složky ceny elektrické energie, regulované ceny pro C27d dle ERÚ k 30. 11. 2021 /15/

3.7 Projektová příprava instalace DoS

Samotné výstavbě instalace DoS předchází poměrně složitý povolovací proces. V první řadě je důležité zažádat na PREDi o zřízení nového odběrného místa (případně navýšení příkonu) a zjistit, jaký příkon je možné v dané lokalitě připojit. Důležité je získat povolení od Magistrátu Hlavního města Prahy k umístění DoS a vedení na městském pozemku. Poté musí být odborným projektantem vypracován projekt. Na základě projektové dokumentace je pak nutné získat souhlas s umístěním stavby od technické správy komunikací (TSK HMP), Odboru památkové péče, Odboru ochrany životního prostředí, Hasičského záchranného sboru a od majitelů všech sousedních nemovitostí a pozemků.

Dále je nutné mít souhlas od provozovatelů všech dotčených sítí v dané lokalitě (Cetin, PREDi, Vodafone, Pražské vodovody a kanalizace PVAK, Pražská plynárenská distribuce PPD, Technologie Hlavního města Prahy THMP). Nákresey existujících sítí jsou uvedeny v příloze. Po předložení všech souhlasů a vyjádření jednotlivých dotčených subjektů pak Stavební úřad pro Prahu 7 vydá stavební povolení. V případě oprávněných připomínek některého z dotčených subjektů musí být projektová dokumentace upravena dle jeho požadavků a platné legislativy. Projekt instalace DoS musí respektovat všechna omezení plynoucí z umístění sítí pod povrchem chodníku.

3.8 Připojení nového odběrného místa

Připojení nového odběrného místa do sítě PREDistribuce a.s. na území Hlavního města Prahy probíhá následujícím způsobem. Žadatel pošle žádost s podrobnostmi o novém odběrném místě. PREDi do 30 dnů od obdržení žádosti zašle podmínky připojení a případně návrh smlouvy o smlouvě budoucí o připojení. Platnost návrhu smlouvy je 90 dní. Podmínky připojení se stanovují především v případě větších sjednaných odběrů a zásadnějších zásahů do distribuční sítě. Ve smlouvě o smlouvě budoucí o připojení je uveden měrný podíl na nákladech spojených s připojením a zajištěním požadovaného příkonu, dále obsahuje návrh termínů připojení a časovou koordinaci akce.

Po podpisu smlouvy a zaslání zálohy, provede PREDi úpravy sítě. Po realizaci stavby obdrží žadatel Smlouvu o připojení a předpis zbývajících plateb za připojení, revize a poplatky dle vyhlášky č. 16/2016 Sb. Poté revizní technik ověří technickou způsobilost zařízení, uvede ho do provozu a vystaví formulář o připojení. /6/ Připojovací poplatky jsou ve výši 630 Kč/A hlavního jističe v případě třífázového připojení.

3.9 Revize dobíjecí stanice

Dobíjecí stanice je elektrické zařízení a podléhá pravidelným revizím. Technické požadavky na dobíjecí stanice definují normy ČSN EN 50272-3, ČSN EN 62485-3, ČSN 33 2000-7-722 ed.2 - Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech, napájení elektrických vozidel a ČSN EN 61851-1 ed.2 - Systém nabíjení elektrických vozidel vodivým propojením, všeobecné podmínky a dále také ČSN EN 61851-22 - AC nabíjecí stanice elektrického vozidla. Veřejně přístupná nabíjecí stanice musí být certifikovaná a v prohlášení o shodě musí být uvedeno, podle jakých norem byla vyrobena. Dále musí mít každá dobíjecí stanice před uvedením do provozu vypracovaný provozní řád dobíjecí stanice, včetně určení intervalů kontrol a revizí.

Pro určení intervalu revizí je podstatné určení vnějších vlivů (VV). Vnější vlivy a jejich zařazení se posuzují dle normy ČSN 33 1500-Z3, tabulka a,b. Pro instalaci dobíjecích stanic musí být vypracován protokol vnějších vlivů (PVV). Dle ČSN 33 2000-3 jsou stanovené lhůty provádění pravidelných revizí na elektrických instalacích. Pro veřejné dobíjecí stanice předpokládám stanovení pravidelných intervalů revizí na dva roky, podobně jako je tomu u dobíjecích stanic v průmyslu. Veřejné DoS jsou obsluhovány uživateli bez kvalifikace a musí být především bezpečné. Provozovatel DoS musí mít revizní zprávou potvrzený nezávadný stav DoS pro případ vzniku pojistných událostí, nebo při úrazu osob elektrickým proudem.

Na soukromé dobíjecí stanice a bytovou elektroinstalaci jsou nároky menší. Neexistuje žádný zákon, který by nařizoval majiteli bytu provádět pravidelné revize elektroinstalace. Revize jsou povinné pouze při uvádění nové elektroinstalace do provozu nebo při jejích změnách. Pro základní a normální prostředí s normální třídou vnějších vlivů jsou dle ČSN 33 2000-3 stanovené lhůty revizí po pěti letech. Pro byt a soukromou dobíjecí stanici tedy uvažují provádění pravidelných revizí elektroinstalace jednou za pět let.

4 Varianty instalace dobíjecích stanic

4.1 Veřejné parkovací dobíjení

Veřejné parkovací dobíjení znamená vybudování instalace DoS jako podnikatelského záměru a následné komerční provozování instalace DoS za účelem zisku. Dobíjení bude přístupné pro všechny uživatele elektromobilů. Dobíjet mohou rezidenti v dané čtvrti, návštěvníci, řemeslníci, osoby pracující v dané lokalitě apod. Instalace DoS bude provedena pomocí AC nabíjecích sloupků se dvěma dobíjecími zásuvkami. Instalace DoS bude zapojena do některého z rezervačních a platebních systémů a zákazník bude za dobíjení platit prostřednictvím aplikace, webového portálu nebo RFID karty.

Bezprostředně před domem je omezené místo pro realizaci dobíjecích stanic. Šířka domu je přibližně 16 metrů a přímo před ním může parkovat 5 automobilů s rozumnými rozestupy. Jedno místo přímo před vstupem do domu je nyní rezervováno pro osobu se zhoršenou schopností pohybu. Nalevo je přibližně 1,5 parkovacího místa a napravo 3 parkovací místa. Bezprostředně do prostoru před dům lze tedy rozumně umístit maximálně tři oboustranné dobíjecí stojany. Tři stojany a šest parkovacích míst tedy beru jako maximální velikost instalace DoS v dané lokalitě. Obě krajní parkovací místa částečně zasahují do prostoru před sousední dům. Rozšíření o další místa by znamenalo jednání s majiteli okolních bytových domů. Majitelé okolních domů by stavbu pravděpodobně rovnou zamítli, nebo by požadovali finanční kompenzaci. Instalaci DoS provede specializovaná elektromontážní firma. Provozovatelem DoS bude majitel BD, SVJ, případně soukromá společnost.

Ve třech variantách tedy uvažuji zřízení jedné, dvou nebo tří sloupkových AC dobíjecích stanic se dvěma, čtyřmi nebo šesti AC dobíjecími body. Na obrázku níže je znázorněno umístění jednotlivých DoS v prostoru před domem a k nim příslušných parkovacích stání. Přerušovanou čarou je vyznačena trasa přívodního kabelu od domu.



Obr.2: Umístění veřejných DoS před domem a vyznačení parkovacích stání /vlastní fotka/

4.2 Soukromé parkovací dobíjení

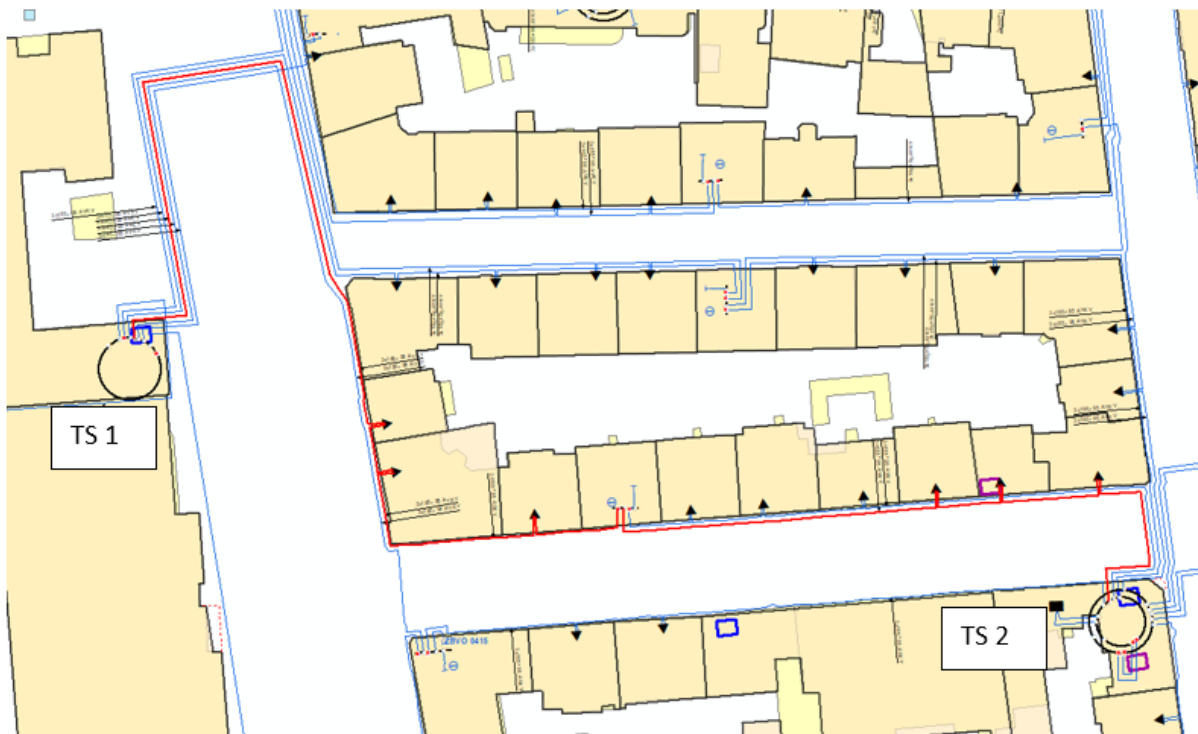
Soukromé dobíjení na rozdíl od veřejného není podnikatelským záměrem a není budováno za účelem zisku. Účelem je snadné dobít vlastního elektromobilu v místě bydliště a dosažení úspor při nabíjení. V rámci soukromého dobíjení počítám se zřízením soukromého dobíjecího wallboxu, který bude určen

pouze pro jednoho majitele elektromobilu. Dobíjení z wallboxu nebude veřejně přístupné pro další osoby. V této variantě stačí pořídit jednoduchý wallbox bez speciálních platebních funkcí, měření spotřeby a bez připojení k internetu. Nezbytná však zůstává funkce řízení spotřeby. Wallbox může být napájen buď z bytové rozvodnice nebo z nově zřízeného odběrného místa. V prvním případě získá majitel ještě i možnost využívat výhodný tarif D27d pro další spotřebu v bytě. Zřízení soukromé dobíjecí stanice uvažuji ve dvou variantách. První variantou je soukromá DoS napájená ze samostatného OM a druhou variantou je soukromá DoS napájená z bytové rozvodnice.

5 Technický popis uvažované lokality

5.1 Současný stav sítí

Klíčový pro proveditelnost instalace DoS je současný stav a možná zatížitelnost sítí PREDi. Konzultant ing. Jiří Randa z PREDi mi poskytl podrobná data o stavu distribuční sítě PREDi v dané lokalitě. Na obrázku zobrazeném níže je červeně vyznačená pravděpodobná napájecí trasa DoS. DoS by tedy byly napájeny z trafostanice TS 1. TS 1 má jmenovitý výkon S_n 630 kVA a je možné ji zatížit až do 70 % S_n . (Omezení 70 % je kvůli zálohovatelnosti jednotlivých transformátorových stanic v případě poruchy) V současné době je TS 1 zatížena maximálně na 166 kVA. Maximální zatížení stanice 70 % z 630kVA činí 441 kVA. To znamená, že na TS 1 lze navýšit výkon ještě o celých 275 kVA. Pokud bych uvažoval činný výkon ve wattech jedná se o cca 260 kW možného navýšení výkonu. Na následujícím obrázku je vidět detailní schéma sítí s červeně vyznačenou trasou přívodního kabelu.



Obr.3: Situace, současné vedení sítí PREDi /od konzultanta z PREDi, Ing. Jiří Randa/

Uvažované místo lze rovněž ještě napájet z trafostanice TS 2, která je vybavena dvojicí transformátorů o výkonu 630 kVA. Kabely z TS 1 a TS 2 se sbíhají v rozpínací a jisticí skříni ve vedlejším domě a v současné době nejsou obě smyčky propojeny. TS 1 a TS 2 tedy nejsou v paralelním chodu a pracují nezávisle. Toto nastavení by bylo obtížné měnit a pro případné napájení z TS2 by bylo nutné připojit část instalace DoS samostatným kabelem z vedlejšího domu.

Kabel z TS 1 napájí jeden menší bytový dům (cca 6 bytových jednotek) a jeden větší BD (cca 30 jednotek) a dále napájí uvažovaný bytový dům (11 bytových jednotek) s dobíjecími stanicemi. Vedení je provedeno kabelem 3x185+95 mm² AYKY. Kabel je v TS1 jištěný pojistkou 250 A. Pokud by došlo k obnově sítě a výměně kabelu za nový, standardně by sem byl uložen kabel 3x240+120 mm² AYKY s vyšší proudovou zatížitelností. V současné době je možné zatížit kabel maximálním výkonem 172 kW.

Pro veřejné dobíjecí stanice uvažuji ve třech variantách zřízení nového odběrného místa s hlavním jističem 3x40 A, 3x63 A nebo 3x100 A. (činný výkon 26 kW, 41 kW nebo 66 kW).

Nejméně náročnou variantu s jističem 3x40 A by pravděpodobně bylo možné realizovat bez větších zásahů do distribuční sítě. Předpokládám, že menší BD má nožové pojistky 3x63 A a větší BD 3x100 A. To je v součtu maximální příkon přibližně 100 kW a uvažovaný BD má ještě dalších 40 kW. (nožové pojistky 3x63 A) Do 172 kW zbývá tedy rezerva přibližně 32 kW. Výkonová rezerva pro tuto variantu tedy ve stávající síti je. V praxi by ovšem záleželo na tom, jestli by skutečně došlo ke schválení nového odběrného místa a navýšení příkonu ze strany PREDi.

Varianta s hlavním jističem 3x63 A je již výkonově náročnější a znamená zcela jistě větší zásah do distribuční sítě. Buď by musel být vyměněn kabel 3x185+95 mm² AYKY za silnější 3x240+120 mm² AYKY, nebo by nové odběrné místo muselo být částečně napájeno z druhé trafostanice TS2. Napájení ze dvou míst přes dva nezávislé elektroměry však není žádoucí, neboť by potom bylo obtížnější na jednotlivých dobíjecích bodech vykrývat výkonové špičky. Výkonově nejnáročnější varianta s hlavním jističem 3x100 A znamená položení nového samostatného přívodu z TS1, případně z TS2.

Z výše uvedeného srovnání variant vyplývá, že distribuční síť není příliš připravená na stavbu dobíjecích stanic. Nejvýhodnější se jeví umístit dobíjecí stanice vždy v blízkosti trafostanic VN/NN, kde je k dispozici největší výkonová rezerva a není nutné budovat novou dlouhou přípojku. Pokud bych uvažoval variantu s hlavním jističem větším než 3x100 A, musí být na odběrném místě instalováno ještě nepřímé měření. To znamená složitější technické vybavení hlavní domovní skříňe a její podstatné zvětšení.

Je důležité si uvědomit, že instalace jedné či dvou dobíjecích stanic může mít příkon srovnatelný s příkonem celého bytového domu. To je obrovské zatížení, se kterým samozřejmě při dimenzování sítě v dané čtvrti nikdo nepočítal a znamená velkou zátěž pro celou oblast. Pokud by skutečně muselo dojít k úpravě distribuční sítě a natažení nového přívodu je nutné počítat se zdržením celého projektu minimálně o několik let. Samotná projektová příprava a realizace trvá řádově 2 - 3 roky. Dále také není možné rozkopat celou ulici kvůli položení jednoho kabelu, stavební práce je nutné koordinovat a v ideálním případě spojit do jedné akce obnovu větší části sítě, případně i dalších sítí v dané lokalitě. Největším nákladem zde není položení samotného kabelu, ale spíš různé poplatky za zábor, výkopové práce, předláždění chodníku apod.

Na základě Energetického zákona číslo 458/2000, §45 novou elektrickou přípojkou v zastavěném území zřizuje na své náklady provozovatel distribuční sítě. Investor tedy platí pouze připojovací poplatek ve výši 630 Kč/A. Způsob, místo a časový horizont připojení však určuje distributor. Hodně záleží na současném stavu lokality, zda je určena v dohledné době k obnově, či nikoliv.

5.2 Technický popis místa

Nyní uvedu technický popis místa, pro které navrhuji varianty dobíjecích stanic. Jedná se o čtyřpatrový bytový dům postavený na počátku 20.století. Dům je umístěn v uzavřené blokové zástavbě bytových domů. Délka domu je 16,5 m. Dle normy ČSN 73 6056 je šířka kolmého parkovacího stání 2,5 m a šikmého (75 st/60 st/45 st) je (2,6 m/2,9 m/3,55 m). Parkování je možné pouze na ulici před domem, kde je dle normy k dispozici pět parkovacích míst v modré zóně. Jedno z parkovacích míst je v současné době označeno značkou P-reserve pro tělesně postiženou osobu.

Dům je napájen z hlavní domovní skříně (HDS). Skříň HDS je osazena třemi nožovými pojistkami PN1 63A. Hlavní domovní vedení (HDV) je provedeno lany AY 4x25 mm². HDV je provedeno jednožilovými kabelem, uloženými v trubkách. Takové domovní vedení má předepsané jištění 63 A a maximální proudová zatížitelnost činí 83 A na jednu fázi. /5/ HDV vede nejprve do elektroměrového rozvaděče v přízemí domu a dále prochází přes elektroměrové rozvaděče ve všech patrech. Jednotlivá odběrná místa ve všech podlažích jsou paralelně připojena k HDV. Proudová soustava je 3PEN, 50 Hz, TN-C s ochranou samočinným odpojením od zdroje. /dle revizní zprávy a vlastní obhlídky/ Maximální příkon celého domu je dán dimenzováním nožových pojistek a lze vypočítat z následujícího vzorce.

$$P = 3 * U_f * I_f * \cos(\varphi) = 3 * 230 * 63 * 0,95 = 41,3 \text{ kW} \quad (1)$$

Maximální okamžitý příkon domu je tedy přibližně 41 kW.

V současné době je součet všech hodnot jističů před fakturačními elektroměry 460 A, zatímco nožové pojistky na přívodu jsou dimenzovány pouze na 189 A (3x63 A). Lze tedy konstatovat, že hlavní domovní vedení je v současné době poměrně dost zatížené. V domě už navíc není možné navýšit hodnotu nožových pojistek, protože HDV není na vyšší hodnotu nožových pojistek dimenzováno.

Z výše uvedených skutečností vyplývá, že výraznější navýšení příkonu na HDV v bytovém domě je podmíněno kompletní výměnou HDV. HDV není možné vyměnit pouze částečně, neboť platí předpis, že HDV musí být v celé své délce od nožových pojistek, až do posledního patra bytového domu provedeno shodným průřezem vodičů. Všechny požadavky na provedení HDV a vnitřních elektrických rozvodů jsou uvedeny v normě ČSN 33 2130. Posílení HDV tedy znamená bourací, elektrikářské, zednické a malířské práce ve společných prostorách ve všech podlažích bytového domu a značné náklady.

I přes současné zatížení HDV je však možné částečně navýšit některý ze stávajících jističů na již existujícím odběrném místě. Do bytové rozvodnice lze tedy připojit slabší dobíjecí stanici pro soukromé využití a používat distribuční tarif D27d pro současné napájení dobíjecí stanice a bytu. Dobíjecí stanice však musí být vybavena systémem řízení výkonu a v případě nedostatku příkonu musí automaticky snížit výkon dobíjení. Výkon dobíjecí stanice by měl být do 11 kW (jištění 3x16 A). Problém by nastal v momentě, kdyby takto připojených stanic bylo požadováno větší množství. V domě je nyní nainstalováno 6 boilerů tj. přibližně 12 kW a akumulační el. topení cca 8 kW, vše s automatickým spínáním v NT.

Mezi další větší spotřebiče v domě patří 3f elektrické sporáky, elektrické a mikrovlnné trouby a průtokové ohřívače, tyto spotřebiče ovšem mají nízkou soudobost. V domě by měla být dostatečná rezerva příkonu, aby nedocházelo k přetížení a k výpadkům. Pro dobíjecí stanice s vyšším výkonem je nejvhodnější zřídit nové odběrné místo z distribuční sítě se samostatnými nožovými pojistkami a s vlastním jištěním. Zároveň se tak lze vyhnout bouracím a elektrikářským pracím uvnitř domu a složitějšímu vedení kabelu z bytové rozvodnice.



Obr.4: Pohled zepředu domu /vlastní fotka/

Na obrázku výše je znázorněno místo instalace nové rozvodné skříně a technického vybavení dobíjecích stanic. Černý rámeček označuje současné umístění HDS s nožovými pojistkami. Červený rámeček znázorňuje celkové místo na fasádě, vhodné pro zřízení rozvodné skříně pro elektromobilitu a případně novou HDS. Rozměry rámečku jsou 1740x540 mm. Toto místo jsem zvolil jako nejvýhodnější z hlediska respektování členění fasády a minimálního zásahu do nosných konstrukcí domu.

Zvolená část stěny je z větší části zatížena pouze oknem. Tloušťka stěny je 680 mm. Pod okno nad rozvaděč je vhodné vložit železnou traverzu podepírající okno, případně může být skříň rozvaděče vyztužena a konstruována částečně jako nosná. Žlutě jsou označena místa, kudy je možné svést kabely z rozvodné skříně do chodníku nebo do sklepa. Tloušťka sklepní stěny je 1060 mm. Kabely lze vést v lištách po bočních stěnách sklepních otvorů, takže není nutné prosekávat celou zeď. Podélné vedení kabelů bude umístěno ve sklepě, přímo v chodníku budou umístěna pouze příčná vedení od domu k okraji chodníku.

5.3 Technické možnosti v dané lokalitě

5.3.1 Fotovoltaické panely

Vzhledem k tomu, že uvažovaný BD leží v městské památkové zóně a Praha je zapsána na seznamu světového kulturního dědictví UNESCO, nelze na střechy bytových domů jednoduše pokládat FVE systémy, neboť narušují vzhled budov. Památkový úřad stavby FVE systémů v památkové zóně povoluje jen velmi zřídka. Každé instalaci FVE předchází složitý vyjednávací a povolovací proces. FVE systémy v památkové zóně byly v minulosti instalovány na střechách Nové scény Národního divadla, na Pedagogické fakultě UK nebo na Arcibiskupském gymnáziu na Vinohradech. Ve všech případech jsou však umístěny tak, že jsou vidět pouze z leteckého pohledu. /51/

Ve své práci zřízení FVE neuvažuji, neboť střecha domu je orientována tak, že by panely byly velmi nápadné z mnoha úhlů pohledu a památkový úřad by stavbu velmi pravděpodobně zamítl. Navíc by instalace FVE panelů v budoucnu bránila rekonstrukci podkrovních prostor.

5.3.2 Bateriové úložiště

Bateriové úložiště je v souvislosti s DoS v zásadě možné využít dvěma způsoby:

- 1) Pro akumulaci energie v NT a její následné využití v době VT
- 2) Pro vyrovnávání špičkového zatížení při nabíjení, snížení rezervovaného příkonu

Nejzásadnějším problémem je umístění bateriového úložiště v dané lokalitě. V přízemí domu jsou byty a není možné zde bateriové úložiště umístit. Rovněž sklepní prostory pod domem jsou pro umístění úložiště zcela nevhodné. Vlivem vlhka by docházelo k rychlejší degradaci baterií a elektrických komponent. Zároveň by bateriové úložiště ve sklepním prostoru znamenalo požární hrozbu pro celý bytový dům. Jediné vhodné místo, o kterém lze reálně uvažovat je zahrádka za domem. Úložiště by muselo být umístěno ve speciálním krytém přístřešku, zabezpečené proti nepříznivým vnějším vlivům.

Z ekonomického pohledu úspora díky bateriovému úložišti spočívá ve výši rozdílu ceny elektřiny ve vysokém a nízkém tarifu a v úspoře na fixní platbě za jistič. Celkový rozdíl ceny v Kč/kWh (neregulovaná i regulovaná složka) mezi VT a NT ve výši 3 Kč/kWh beru jako poměrně vysoký. Při každodenním nabíjení elektromobilů v denních hodinách uloženou energií lze tedy dosáhnout maximální úspory 3 Kč/den na instalovanou 1 kWh baterie. Roční úspora tedy činí přibližně 1100 Kč na instalovanou kWh při plném každodenním vytížení. Pokud by však v průběhu roku byl elektromobil nabíjen pouze každý druhý den, úspora by byla poloviční – pouze 550 Kč/kWh baterie za rok.

Dosažitelnou úsporu v platbách za jistič uvažuji v rozmezí 10 až 20 tisíc korun ročně, v závislosti na očekávané výši zatížení stanice a na celkové velikosti bateriového úložiště. V následující tabulce jsou uvedené orientační ceny bateriových úložišť o různých kapacitách. Ceny jsou uvedené bez dopravy, montáže a DPH.

Bateriové úložiště	
kapacita	cena
25 kWh	297 000 Kč
54 kWh	775 500 Kč
336 kWh	6 076 400 Kč
500 kWh	8 800 000 Kč

Tab.8: Orientační ceny bateriových úložišť od čínského dodavatele /65/

Vzhledem k současné pořizovací ceně bateriových úložišť a odhadované životnosti bateriového úložiště 10 let, je zřízení bateriového úložiště nerentabilní. Bateriové úložiště by se vyplatilo pouze při vysokém vytížení dobíjecí stanice nebo při vyrovnávání špičkového zatížení celého domu.

Ve své práci zřízení bateriového úložiště neuvažuji kvůli ekonomické nevýhodnosti, vysoké pořizovací ceně, nízké životnosti a problémům s umístěním bateriového úložiště. Nicméně je vhodné udělat v rozvaděči přípravu pro případné připojení bateriového úložiště v budoucnu. Předpokládám, že cena bateriových úložišť se může do budoucna snižovat, neboť budou k dispozici starší vyřazené baterie z elektromobilů.

5.3.3 Jednotné odběrné místo

Jednotné odběrné místo (JOM) může být komplexním řešením pro celý BD i instalaci DoS. V rámci JOM je celý dům včetně dobíjecích stanic připojen jako celek k distribuční síti přes jeden fakturační elektroměr, který je umístěn hned za nožovými pojistkami a hlavním jističem. Celý objekt tak získá pouze jednu distribuční sazbu, která bude shodná pro všechna původní odběrná místa. Fakturační elektroměry ve všech patrech u jednotlivých odběrných míst (OM) budou vyměněny za vlastní elektroměry, pouze pro účely interního rozúčtování celkové faktury za elektřinu v rámci JOM. Vyúčtování elektrické energie pro jednotlivá OM poté provádí majitel BD. Zřizováním JOM na klíč se v současné době zabývá několik odborných firem, např. společnost Merkuro spol. s.r.o. /52/

Toto řešení nabízí mnoho výhod. V první řadě není nutné sjednávat na PREDi zřízení nového odběrného místa, ale pouze navýšení příkonu na stávajícím odběrném místě. Zároveň navýšení hodnoty hlavního jističe a příkonu nemusí být tak velké, neboť spojením BD a instalace dobíjecích stanic dosáhnou lepšího využití sjednaného příkonu a celkově získám lepší možnost pokrytí špičkových odběrů. Díky JOM lze dosáhnout významné úspory v platbách za elektřinu. V rámci neregulované složky ceny elektřiny lze ušetřit platbu za odběrné místo. V současné době je v domě 13 samostatných odběrných míst – s instalací DoS by jich bylo 14. Za 13 zrušených OM lze počítat s úsporou na této platbě přibližně 15 000 Kč. (obchodník běžně účtuje platbu ve výši 90 – 100 Kč/OM/měsíc) V rámci regulované složky ceny elektřiny ušetřím platbu za příkon (počítá se podle hodnoty hlavního jističe). Součet všech hodnot hlavních jističů ve všech fázích před fakturačními elektroměry jednotlivých OM je nyní 460 A, přičemž nový hlavní jistič JOM by při současném stavu měl v součtu všech fází 189 A. To znamená úsporu v platbě za jistič o 50 - 60 %. Pro konečné dimenzování hlavního jističe JOM samozřejmě však musím započítat také výkon potřebný pro dobíjecí stanice. Dále ušetřím 50 – 60 % platby na podporu OZE, která je rovněž vypočtena podle hodnoty hlavního jističe. Poslední nejméně významnou úsporou je platba za služby operátora trhu OTE, která je vztažena na odběrné místo. Výše této úspory je přibližně 600-700 Kč ročně za 13 zrušených OM.

Velmi významnou výhodou JOM je možnost navýšení hodnoty nožových pojistek a hlavního jističe nad současný stav a připojení HDV společně s DoS na stejné odběrné místo. HDV pro celý dům je pak jištěno podružným jističem 3x63 A, zapojeným paralelně k hlavnímu jističi pro DoS, hned za fakturačním elektroměrem JOM. Toto zapojení umožňuje ponechat HDV ve stávajícím stavu a vyhnout se náročné a nákladné rekonstrukci ve společných prostorách domu. Zároveň toto technické řešení umožňuje v budoucnu ještě paralelní připojení bateriového úložiště pro vyrovnávání špičkových výkonů.

Majitel domu, případně SVJ, musí vzít zodpovědnost za sjednání a plnění jednotné smlouvy s dodavatelem energií (obchodníkem) a musí zajistit, aby byla elektrická energie spravedlivě rozúčtována mezi jednotlivá OM dle jejich spotřeby a interní metodiky rozúčtování. Dále musí vést evidenci záloh, přeplatků a nedoplatků a případně vymáhat dlužné platby soudně. Pro každé OM je nutné pořídit vlastní elektroměr a z něho pořizovat pravidelné odečty spotřeby. Také je potřeba hlídat, aby některý z obyvatel domu neodebíral elektrinu z JOM načerno.

Jednotlivá OM v BD ztratí možnost volby svého dodavatele energií a jsou v podstatě závislá na jedné smlouvě. Rovněž není možné sjednávat si různé distribuční tarify. Předem musí být stanoven jeden distribuční tarif pro celé JOM. A zde je klíčová otázka, jaký distribuční tarif by mohlo JOM jako celek získat. Pokud by PREDi odmítla dát lepší tarif než D02d, pravděpodobně by výsledná úspora JOM byla zanedbatelná nebo dokonce záporná. V domě je mnoho akumulčních elektrických spotřebičů, které využívají výhodných sazeb v NT převážně v tarifech D25d.

Celkově je JOM nestandardní a nesystémové řešení, které ve své podstatě parazituje na ostatních uživateli distribuční soustavy a dosahuje úspory na úkor ostatních. Je otázkou, jakým způsobem ERÚ do budoucna nastaví tarifní strukturu a jestli nebude JOM nějakým způsobem penalizovat a znevýhodňovat. V současné době probíhá jednání o podobě Energetických komunit (EK), které by mimo jiné pravděpodobně mohly řešit i podobné sdružování OM do větších celků.

5.3.3.1 Technické provedení JOM

Nad hlavní domovní skříní s nožovými pojistkami bude ve fasádě domu zřízena hlavní elektroměrová rozvodnice (ER). ER bude napájena přímo z hlavní domovní skříně (HDS). V ER bude umístěn hlavní jistič pro celý objekt. Za jističem bude připojen fakturační elektroměr pro celý objekt. Za fakturačním elektroměrem pak bude umístěn zvlášť jistič a nefakturační elektroměr pro dobíjecí stanice, zvlášť jistič a nefakturační elektroměr pro HDV z něhož jsou napájené jednotlivé byty a případně ještě jistič a nefakturační elektroměr pro bateriové úložiště. V ER bude tedy jeden hlavní jistič a fakturační elektroměr ve správě PREDi a tři jističe s elektroměry ve správě majitele domu/SVJ. V jednotlivých rozvodných skříních ve všech patrech domu budou elektroměry PREDi vyměněny za nové elektroměry, rovněž ve správě majitele domu/SVJ. Všechny elektroměry by měly být zaplombovány a chráněny před neoprávněnými odběry.

V první fázi zřízení JOM je nutné získat od všech stávajících OM kopie smluv s dodavatelem energie a u každé smlouvy zjistit termín možného vypovězení smlouvy, případně konec platnosti smlouvy. Na základě těchto údajů lze poté stanovit nejbližší možný termín zřízení JOM. Některé smlouvy je možné vypovědět až v horizontu několika roků, což značně komplikuje situaci. Je také nutné hlídat, aby si žádné z OM už nesjednávalo novou dlouhodobou smlouvu s dodavatelem energií. Dále je nutné pevně stanovit datum zřízení a přechodu všech stávajících OM pod JOM. Všechny nově uzavřené smlouvy by měly končit právě tímto stanoveným datem. Postupné přecházení jednotlivých OM do režimu JOM nelze uvažovat, neboť v domě je pouze jedno HDV.

Ke stanovenému datu přechodu je nutné předem sjednat novou smlouvu s vhodným dodavatelem. Následně je nutné domluvit na PREDi zřízení nového odběrného místa a zrušení stávajících OM ke stanovenému datu. Technicky je nutné bezprostředně poté provést vybudování nové elektroměrové skříňe vedle HDS v režii PREDi.

5.3.3.2 Zhodnocení

Varianta dobíjecí stanice v kombinaci s JOM a připojením BD, má v současné tarifní struktuře potenciál zajistit dodávku elektřiny za značně zvýhodněných podmínek. Dle mého názoru existuje určitá šance na získání sazby C27d pro celé JOM, pokud by byl primární účel JOM v napájení dobíjecích stanic a BD byl na JOM připojen až druhotně. Nicméně dle bodu 2 podmínek pro získání distribuční sazby C27d musí být nabíjecí zařízení napájeno samostatným přívodem a měřeno samostatným měřícím zařízením. Tato podmínka by nemohla být zcela splněna. /15/ Jedná se o nestandardní řešení, které může být v budoucnu penalizováno či zcela zakázáno. Provedení JOM je po technické stránce značně komplikované a zdouhavé a v součtu znamená pro majitele BD mnoho dalších starostí. Rozhodl jsem se JOM jako variantu vůbec dál neuvažovat ani ekonomicky nehodnotit. Pouze konstatuji, že by takové řešení pravděpodobně mohlo být v současné tarifní struktuře ekonomicky výhodné.

6 Návrh dobíjecích stanic

6.1 Dimenzování dobíjecích stanic

6.1.1 Veřejná dobíjecí stanice

Seznam vstupních předpokladů

- 1) Lze použít maximálně šest parkovacích míst v modré zóně
- 2) Hlavní jistič nového OM by měl mít hodnotu maximálně 3x100 A
- 3) Dobíjecí stanice budou umístěny na chodníku a je potřeba minimalizovat jejich počet
- 4) V dané lokalitě nelze umístit DC rychlonabíjecí stanice
- 5) Výkon DoS by měl být dostatečný i pro rychlejší nabíjení přes den

Udělal jsem si průzkum trhu a zhodnotil jsem různé typy dobíjecích stanic. Vzhledem k úspoře místa na chodníku a minimalizaci množství kabeláže a rozsahu výkopových prací, je jednoznačně nejvýhodnější používat dobíjecí stanice se dvěma dobíjecími body. Stanice je umístěna mezi dvěma parkovacími místy a lze z ní napájet obě místa současně. Výkony AC nabíječek v elektromobilech se nyní běžně pohybují do 11 kW. Už se však objevují i elektromobily, které mají výkony AC nabíječek 22 kW (například Renault ZOE). /47/ Nabízí se tedy instalovat dobíjecí stanice s výkonem 2x11 kW, což by nejvíce odpovídalo dnešním možnostem palubních AC nabíječek v elektromobilech. V praxi se však dobíjecí stanice o výkonu 11 kW téměř neinstalují, očekává se, že výkony palubních AC nabíječek se do budoucna ještě zvýší. Vzhledem k náročnosti výstavby a přestavby je výhodnější DoS stavět mírně předdimenzované tak, aby byly v budoucnu připravené i na vyšší dobíjecí výkony. Rozdíl v pořizovacích nákladech dobíjecí stanice 2x11 kW a 2x22 kW není velký. Značnou část pořizovacích nákladů tvoří fixní složky, které jsou shodné pro oba uvažované výkony (projektová dokumentace, řídicí systém, technické vybavení, kabeláž, výkopové a montážní práce, revize). Veřejná DoS má navíc zajišťovat co nejrychlejší nabití za co nejkratší dobu v denních hodinách, i z tohoto důvodu preferuji vyšší výkon stanice.

Variantu dobíjecí stanice 2x11 kW jsem tedy shledal jako nevýhodnou pro veřejné dobíjení a dále se budu zabývat pouze dobíjecími stanicemi 2x22 kW. Instalaci veřejných dobíjecích stanic se nabízí realizovat ve třech velikostech provedení. Lze vybudovat jednu, dvě nebo tři dobíjecí stanice.

6.1.2 Soukromá dobíjecí stanice

Seznam vstupních předpokladů

- 1) Přes bytovou rozvodnici lze připojit DoS maximálně do 11 kW výkonu
- 2) DoS bude sloužit pouze jednomu konkrétnímu majiteli elektromobilu
- 3) Dobíjení bude probíhat pouze v noci v NT, ve VT bude nabíjení blokováno
- 4) Je kladen důraz na snížení investičních nákladů

Výkony dobíjecí stanice (wallboxu), které zde připadají v úvahu, jsou v jednofázovém připojení buď 3,6 kW (1x16 A) nebo 5,7 kW (1x25 A) a ve třífázovém provedení 6,9 kW (3x10 A) či 11 kW (3x16 A). Při napájení DoS z bytové rozvodnice uvažuji standardní 3f bytovou přípojku a hlavní jistič 3x25 A. V tom případě lze uvažovat s celkovým příkonem bytu maximálně 16,4 kW. Nyní záleží, jaké jsou v bytě větší spotřebiče a jaká je jejich obvyklá provozní doba. Je nezbytné, aby byl wallbox vybavený funkcí řízení výkonu, která zabraňuje přetížení a výpadkům. Pokud bude v bytě nedostatek výkonu, wallbox bude nabíjet nižším výkonem nebo vůbec. Wallbox odebírá pouze takový příkon, jaký je aktuálně v bytové rozvodnici s ohledem na dimenzování hlavního jističe a přívodu k dispozici.

Soukromá DoS bude mít tedy jeden dobíjecí bod pro jeden elektromobil a bude mít výkon 11 kW, což je pro čistě noční dobíjení v NT dostačující. Za noc je možné dobít až 88 kWh, což je vyšší hodnota než kapacita baterie většiny současných elektromobilů. V případě soukromé DoS neuvažuji zřízení dobíjecích sloupků. Wallbox bude zabudovaný na fasádě domu.

6.2 Navržené varianty

Uvažuji celkem pět variant instalace DoS. Ve třech variantách budu uvažovat zřízení veřejné instalace DoS a ve dvou variantách zřízení soukromé DoS.

6.2.1 Veřejná dobíjecí stanice

- a) Varianta A – jedna dobíjecí stanice se dvěma samostatnými dobíjecími body 2x22 kW, hlavní jistič 3x40 A, rezervovaný příkon 26 kW
- b) Varianta B - dvě dobíjecí stanice se čtyřmi samostatnými dobíjecími body 4x22 kW, hlavní jistič 3x63 A, rezervovaný příkon 41 kW
- c) Varianta C - tři dobíjecí stanice se šesti samostatnými dobíjecími body 6x22 kW, hlavní jistič 3x100 A, rezervovaný příkon 66 kW

6.2.2 Soukromá dobíjecí stanice

- d) Varianta D – Soukromá dobíjecí stanice, samostatně napájená z ER s jedním dobíjecím bodem 1x11 kW, hlavní jistič 3x16 A, rezervovaný příkon 11 kW
- e) Varianta E – Soukromá dobíjecí stanice napájená z bytové rozvodnice, jeden dobíjecí bod 1x11 kW, hlavní jistič 3x25 A společný pro DoS i byt, rezervovaný příkon 16,4 kW

6.3 Funkce dobíjecí stanice

6.3.1 Řízení výkonu

Funkce zajišťuje operativní řízení výkonu dobíjecí stanice dle množství dostupného výkonu. Rozlišujeme funkci Power Steering, která se stará o sladění spotřeby DoS a dalších spotřebičů v připojeném objektu. Power steering neprodleně omezuje velikost nabíjecího proudu v závislosti na spínání dalších spotřebičů tak, aby ve špičkách nedošlo k vybavení hlavního jističe. Dále funkce Load balancing zajišťuje komunikaci mezi jednotlivými DoS a rozděluje mezi ně dostupný výkon tak, aby se mohlo nabíjet více elektromobilů najednou. /53/ Funkce řízení výkonu umožňuje poddimenzovat hlavní jistič, což je klíčové pro úsporu rezervovaného příkonu a snížení fixních nákladů na elektřinu.

6.3.2 Fakturační elektroměr

Fakturační elektroměr je důležitým prvkem veřejných dobíjecích stanic, kde je nutné měřit skutečnou spotřebu dobíjení a vyfakturovat tuto spotřebu zákazníkovi. Fakturační elektroměr musí mít certifikaci MID, která umožňuje provoz elektroměru jako fakturačního měřidla bez další dodatečné kalibrace. Požadavky na fakturační měřicí přístroje stanovuje Evropská směrnice 2014/32/EU. /54/

6.3.3 OCPP

OCPP (Open charge point protocol) je standardizovaný komunikační protokol pro integraci všech dobíjecích stanic do jednoho systému pro autorizace dobíjení a plateb za dobíjení. Systém je vyvíjen společností OCA (Open charge alliance). /55/ Komunikace dobíjecí stanice se vzdáleným serverem probíhá pomocí bezdrátových internetových sítí 3G, 4G LTE nebo přes WIFI. Pomocí protokolu se autorizují nabíjecí karty zákazníků a po každém provedeném nabití se online odešle CDR (charging data record), záznam dat nabíjení, který obsahuje nabíjecí čas a množství odebrané energie. Provozovatel dobíjecí stanice díky tomu pak může zákazníkovi vyúčtovat nabíjení. Veřejná DoS by měla být vybavena alespoň OCPP 1.6 (nejnovější verze je OCPP 2.0.1). /55/

Zákazník může díky této funkci využívat i dobíjecí stanice jiných provozovatelů (roaming) a provozovatelé stanic se pak vzájemně finančně vyrovnají (clearing). Protokol lze integrovat do různých platebních systémů a lze komunikovat s různými webovými rozhraními a mobilními aplikacemi, které protokol podporují. Velmi rozšířená je autorizace pomocí QR kódů dobíjecích stanic, které uživatel naskenuje pomocí mobilní aplikace. Budoucnost plateb za dobíjení je v automatické komunikaci elektromobilu a dobíjecí stanice. Zákazník pouze připojí elektromobil ke stanici a vše ostatní už proběhne automaticky. Platba za dobití se zákazníkovi automaticky strhne z platební karty nebo z kreditu v aplikaci.

6.3.4 Webserver

Webserver umožňuje vzdálený přístup k DoS prostřednictvím webové aplikace. Díky tomu je možné na dálku v reálném čase upravovat parametry a nastavení DoS. Dále webserver umožňuje autorizovat nabíjení, řídit uživatelské účty, průběžně zaznamenávat a shromažďovat data a generovat podrobné přehledy a statistiky o nabíjení. /54/

6.3.5 Zamknutí kabelů během nabíjení

Funkce zabraňuje neoprávněnému odpojení kabelu během dobíjení. Koncovka se v zásuvce uzamkne ihned po zahájení dobíjení a odemkne se až na povel uživatele. Tato funkce je doporučena pro všechny DoS umístěné na veřejných prostranstvích.

6.3.6 Elektrické ochrany

Mezi základní elektrické ochrany patří ochrana proti zkratu a nadproudu a odpojení vozidla při detekci únikového proudu. Každý dobíjecí bod je jištěn vlastním jističem, zajišťujícím automatické odpojení od zdroje při zkratu a nadproudu. Dále je každý dobíjecí bod vybaven proudovým chráničem typu B s vybavovacím proudem 30 mA dle ČSN 33 2000-4-41. Slouží jako ochrana při poruše a při přímém dotyku živých částí. Elektrické ochrany musí být provedeny dále dle norem ČSN 33 2000-4-47 Ochrana proti nadproudům a dle ČSN 33 2000-4-473 Opatření k ochraně proti nadproudům.

6.4 Typy zásuvek a konektorů

Existuje několik typů zásuvek a konektorů pro dobíjecí stanice. Pro pomalé AC nabíjení se nejčastěji používají konektory Typ 2 (Mennekes) případně Typ 1 (Yazaki). Všechny uvažované dobíjecí stanice budou vybaveny zásuvkami typu 2, které jsou určeny pro dobíjecí výkony v rozmezí 11 až 44 kW, jsou nejpoužívanější a umožňují vzájemnou komunikaci DoS a elektromobilu. V následující tabulce uvádím přehled používaných konektorů pro dobíjecí stanice a jejich parametry. /56/

	Schuko	Typ 1	Typ 2	CHAdEMO	CSS
Napětí	AC 230 V	AC 230 V	AC 400 V	AC 500 V	DC 500 V
Proud	10 A – 16 A	16 A – 32 A	16 A – 63 A	125 A	125 A
Výkon	2 - 3,7 kW	3,7 - 7,4 kW	11 - 44 kW	60 kW	60 kW
kommunikace	Žádná	Komunikace s vozidlem		Regulovatelný nabíjecí výkon	

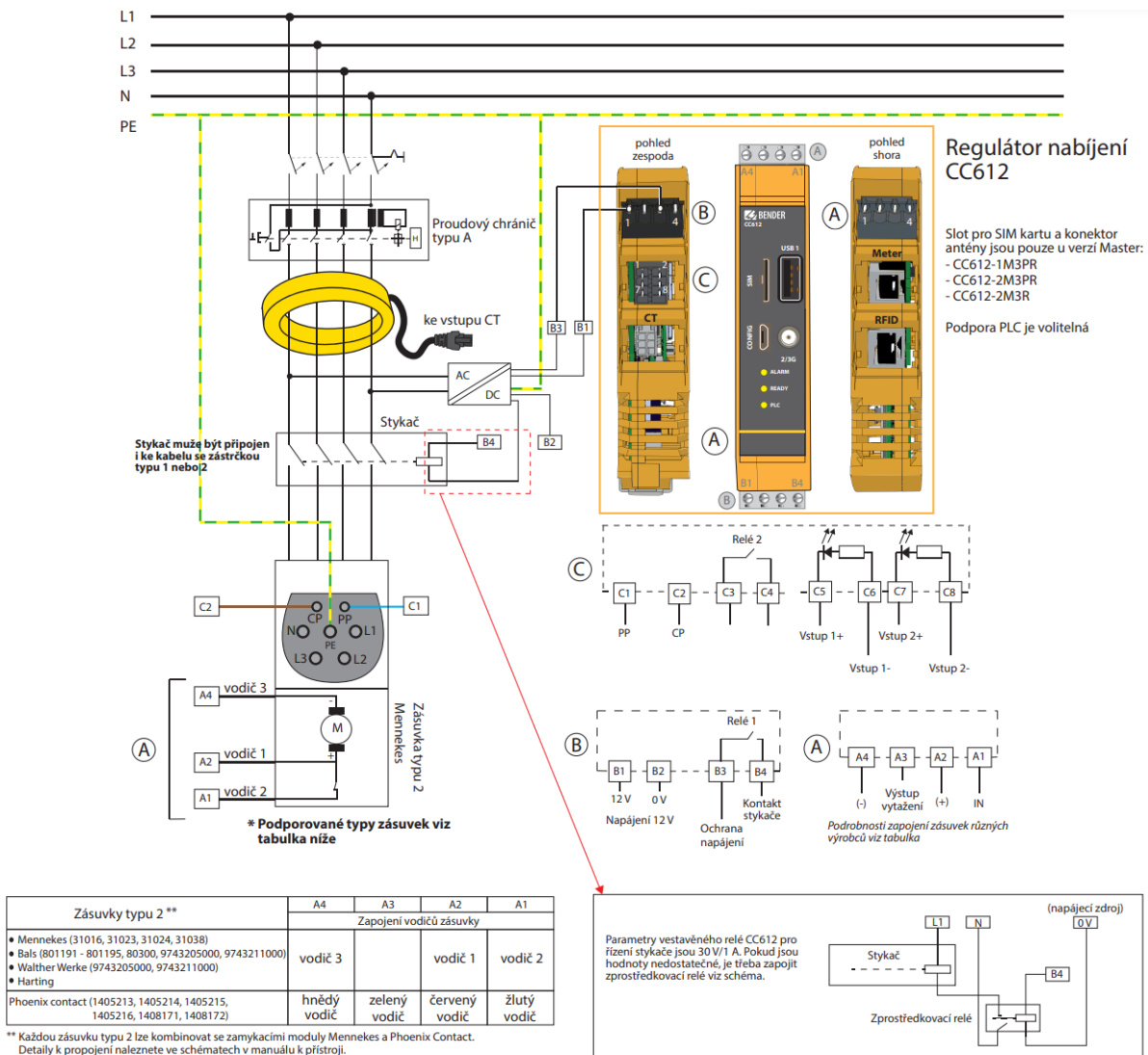
Tab.9: Přehled zásuvek a konektorů pro dobíjecí stanice /56/

6.5 Veřejná dobíjecí stanice

Každá dobíjecí stanice je řešena pomocí oboustranného dobíjecího sloupku Evecube 2C /57/ se dvěma zásuvkami Typ 2, který bude umístěn poblíž hrany chodníku a vozovky. Maximální výkon jedné dobíjecí stanice je 44 kW (2x22 kW). Každý dobíjecí bod má tedy maximální výkon 22 kW. Dobíjecí stanice bude napájena ze sítě NN. Stávající hlavní domovní skříň (HDS) bude vybourána a nahrazena větší skříň se šesti nožovými pojistkami pro dva nezávislé odběry. Na jednu trojici nožových pojistek bude připojeno stávající HDV pro napájení domu. Nad nebo vedle HDS bude zřízena nová elektroměrová rozvodnice, která bude napájena z druhé trojice nožových pojistek. Zde bude umístěn jistič a elektroměr pro dobíjecí stanici. Dobíjecí stanice tak bude zcela samostatná a oddělená od domu a bude provozována v distribuční sazbě C27d. Celá instalace bude navržena tak, aby bylo v budoucnu možné přidat další dobíjecí stanice a dobíjecí body.

Každý dobíjecí bod je připojen přes 3f jistič 3x32 A, který už je zabudován přímo v dobíjecím sloupku. Za jističem je umístěn proudový chránič typu B nebo proudový chránič typu A a zařízení pro detekci reziduálního proudu. Přívod je dále veden přes spínací kontakty stykače do zásuvky pro elektromobil. Velmi důležitým prvkem dobíjecí stanice je regulátor dobíjení. Jedná se o elektrický přístroj, zajišťující komunikaci s elektromobilem a regulaci dodávaného výkonu. Regulátor je napájený stejnosměrným proudem pomocí přidavného transformátoru a usměrňovače z jedné fáze. Regulátor pomocí napěťových sond a měřících transformátorů vyhodnocuje aktuální napětí a proud na jednotlivých fázích, přijímá signál HDO a zároveň komunikuje s elektromobilem pomocí komunikačního pinu

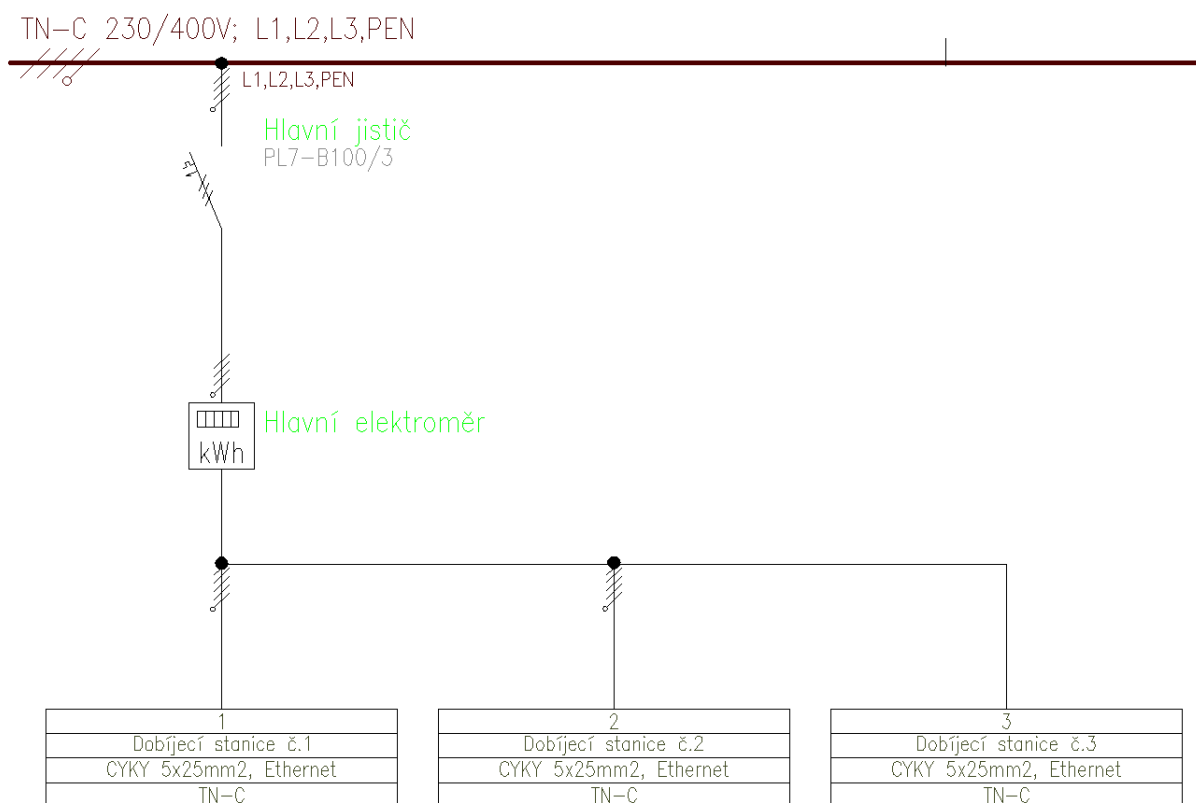
v zásuvce. Na základě těchto údajů pak reguluje výkon nabíjecí stanice pomocí stykače. Pro dobíjecí stanici Evecube 2C se mi nepodařilo získat podrobné schéma vnitřního zapojení, níže tedy uvádím vnitřní schéma zapojení DoS, doporučené výrobcem pro regulátor nabíjení typu Bender CC612.



Obr.5: Schéma vnitřního zapojení DoS, doporučené pro regulátor Bender CC612 /7/

Ve schématu je podrobně znázorněno také elektrické zapojení dobíjecí zásuvky Typ 2 (Mennekes). Zásuvka obsahuje celkem 7 spojovacích kontaktů. Vrchní dva kontakty CP a PP jsou určeny pro komunikaci DoS a vozidla, v další řadě je pak zleva umístěn střední (nulový) vodič N, ochranný vodič PE a tři fázové vodiče L1, L2 a L3. Součástí zásuvky bývá také zamykací modul se senzorem připojení dobíjecího kabelu, stejnosměrným motorkem a třemi kontakty. /7/ Vestavěné relé v regulátoru zpravidla nemůže přímo ovládat cívku 3f stykače, neboť jeho spínací kontakt nemůže být napájen přímo z jedné fáze na napětí 230 V. Na výstup relé z regulátoru tak bývá připojeno ještě pomocné relé, které pak spíná cívku stykače.

Celá elektroinstalace nového OM až po napájení jednotlivých dobíjecích sloupků je provedena v síti TN-C, ochranný vodič PE a střední vodič N jsou sloučeny do jednoho vodiče PEN dle ČSN 33 2000-4-41. Vnitřní zapojení dobíjecích sloupků je již vždy provedeno v síti TN-S s odděleným vodičem PE a N. Hlavní jistič a hlavní fakturační elektroměr jsou umístěny v zaplombované části nového elektroměrového rozvaděče. Výstup z elektroměru je připojen na 3f svorkovnici, ze které jsou vyvedena jednotlivá vedení k dobíjecím sloupkům. Všechny přívody budou provedeny kabelem CYKY 5x25mm², uloženým v plastové chráničce. Maximální povolené proudové zatížení jedné fáze v kabelu je tedy 108 A /14/, skutečné proudové zatížení jedné fáze může být dle současného dimenzování DoS maximálně 64 A. Ponechávám zde tedy rezervu na případné budoucí zvýšení výkonu nebo paralelní připojení dalších DoS. Vedle silového kabelu budou v chráničce uloženy ještě datové kabely. Schéma elektroinstalace nového OM a připojení dobíjecích sloupků je znázorněna na obrázku níže.



Obr.6: Schéma elektroinstalace nového OM a napájení jednotlivých DoS /vlastní výkres/

Dobíjecí stanice s dobíjecími zásuvkami budou umístěny na chodníku poblíž kamenného obrubníku na rozhraní chodníku a vozovky. Sloupky budou připevněny k betonovému podkladu v chodníku, tak aby nebylo možné snadno odmontovat. Přívod ke každému sloupku bude uložen pod chodníkem. Dle normy ČSN 33 2000-5-52 musí být kabely NN do 1 kV uloženy v minimální hloubce 0,6 m pod povrchem chodníku. Šíře provedeného výkopu pro uložení kabelů je minimálně 35 cm. Napájecí a datové kabely budou uloženy po celé své délce v chráničce, neboť jejich trasa kříží velké množství dalších inženýrských sítí (CETIN, UPC-Vodafone, plyn, vodovod, elektrické vedení PREDi). Zároveň chránička sníží riziko případných překopů a poškození kabelů v budoucnu. Jako chránička bude použita PVC trubka, která by měla mít 2x větší světlost, než je průměr uložených kabelů. Spodní část výkopu 8 cm pod a 8 cm nad chráničkou musí být vysypána pískem (ČSN 33 2000-5-52).

Před samotnou výstavbou bude nutné dobře vytyčit všechny existující inženýrské sítě, především pak telefonní kabely CETIN a optické kabely UPC-Vodafone. Tyto sítě vedou dle vyjádření těchto společností a dle poskytnutých zaměření sítí v katastrálních mapách přímo pod hranou chodníku a vozovky, kde uvažují vybetonování podstavců pro sloupky. Kvůli těmto sítím bude pravděpodobně nutné umístit dobíjecí sloupky trochu dál od okraje vozovky směrem do středu chodníku. Při stavbě je nutné dbát zvýšené opatrnosti, a především se vyhnout překopnutí optického kabelu, plynovodu nebo vodovodu.

6.5.1 Nabíjecí sloupky

Jak už bylo popsáno výše, jednotlivé DoS budou realizovány pomocí oboustranných nabíjecích sloupek 2x22 kW. Nabíjecí sloupky jsou dodávány jako hotové zařízení a v různých specifikacích je nabízí mnoho výrobců. Mezi hlavní požadavky na nabíjecí sloupky patří splnění všech závazných norem, bezpečnost, způsobilost k venkovnímu provozu, funkce řízení výkonu (především Load balancing), MID fakturační elektroměr, podpora OCPP v1.6 a vyšší, možnost integrace do online rezervačních a platebních systémů, robustní design a funkce zamknutí kabelů při dobíjení. Důležitým kritériem je samozřejmě také pořizovací cena. Pro realizaci doporučuji použít dobíjecí sloupek Evecube 2C od společnosti Evexpert s.r.o., který dále podrobněji popíši. Pro srovnání zde uvádím ještě dobíjecí sloupky Chargeup Post eVolveT od Unicorn systems a.s. a OlifeEnergy AC od Olife energy a.s.

6.5.1.1 Evecube 2C

Nabíjecí sloupky Evecube 2C 2x22 kW jsou doporučenou variantou pro realizaci. S dobíjecími sloupkami se lze setkat také pod označením Evecube 2S 2x22 kW. Sloupky mají kvalitní nerezové zpracování a jsou vyrobené v České republice. Sloupky jsou vybavené webserverem pro snadné dálkové řízení na platformě EVE.Charge. /26/

Funkce: řízení výkonu (power steering, power balancing), OCPP 1.5/1.6, Chytrý WebServer, zamknutí kabelů při dobíjení, odložený start, měření spotřeby - integrovaný elektroměr

Autentifikace: Rfid, aplikace

Komunikace: LAN, WIFI, volitelně 4G/LTE

Jmenovitý proud: 6 / 10 / 13 / 16 / 20 / 25 / 32 A

Napájení: 1,2 nebo 3 fázové

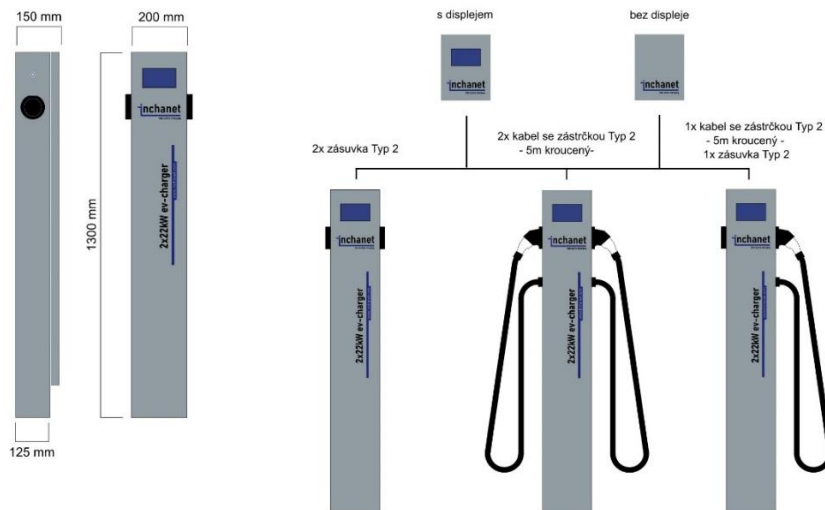
Jmenovitý výkon: 2x 1,4 - 22 kW

Zásuvky: 2x zásuvka/kabel Typ2

Normy: IEC 61851-1, CE, EMC, RoHS, krytí IP54

Cena: 82 490 Kč dobíjecí stanice + 9 490 Kč stojan

/26/



Obr.7: Varianty a rozměry nabíjecího sloupku Evcube 2C(2S) /26/

6.5.1.2 CHARGEUP AC Post eVolve

Alternativním řešením jsou nabíjecí sloupky ChargeUp. Z mého pohledu nemají tak hezký design, ale jsou robustnější. Uvažovaná varianta má katalogové označení Smart medium B. Provedení je z hliníku a ABS plastu.

Funkce: řízení výkonu, OCPP 1.5/1.6, zamknutí kabelů, odložený start, měření spotřeby

Autentifikace: Rfid, aplikace, pružná identifikace před nebo po zapojení kabelu

Komunikace: LAN, WIFI, volitelně 4G/LTE

Jmenovitý proud: max 32 A na jednu zásuvku

Napájení: 1,2 nebo 3 fázové

Jmenovitý výkon: 2x 1,4 - 22 kW

Zásuvky: 2x zásuvka/kabel Typ2

Normy: IEC 61851-1, CE, EMC, RoHS, krytí IP54

Cena: 107 300 Kč

/59/

6.5.1.3 Olife energy nabíjecí sloupek

Druhou alternativou jsou dobíjecí sloupky Olife energy od české společnosti Olife energy a.s. Tyto sloupky jsou nejdražší ze všech uvažovaných možností a mají větší rozměry, což znesnadňuje jejich umístění na chodník před dům. Mají však velice kvalitní a robustní zpracování. /58/

Funkce: řízení výkonu, OCPP 1.6/2.0, OlifeEnergy cloud, vzdálený monitoring

Autentifikace: Rfid, OlifeEnergy cloud

Komunikace: LAN, WIFI, USB, GSM

Jmenovitý proud: 32 A

Napájení: 3 fázové

Jmenovitý výkon: 2x22 kW

Zásuvky: 2x zásuvka Typ2/ 1xTyp 2 a 1xTyp 1

Normy: IEC 62196-2, IEC 62955, CE, EMC, RoHS, krytí IP44

Cena: 131 890 Kč

6.6 Soukromá dobíjecí stanice

Soukromá dobíjecí stanice slouží pouze pro dobíjení jednoho konkrétního elektromobilu. Může být napájena buď ze samostatného elektroměrového rozvaděče na fasádě domu nebo z bytové rozvodnice majitele elektromobilu. Ve fasádě ve výše vyznačeném prostoru pod oknem je nainstalován wallbox 1x11 kW. Elektroměr je vybaven přijímačem signálu HDO a pomocí stykače je zajištěno automatické blokování dobíjení ve VT. Protože se jedná o soukromou stanici, musí být wallbox uzamčen a zajištěn proti neoprávněnému užívání dalšími osobami. V případě soukromé DoS kladu důraz na jednodušší provedení instalace, tak aby nebylo nutné žádat o stavební povolení ani budovat dobíjecí sloupky. Pro účely soukromého dobíjení by podobné stavební zásahy byly příliš nákladné. Dobíjecí zásuvka je umístěna na fasádě domu. Dobíjecí kabel tedy vždy bude natažen od domu k elektromobilu přes chodník. Kabel musí být uložen tak, aby nepředstavoval překážku pro chodce, cyklisty, kočárky apod.

V zásadě se nabízejí dvě možnosti vedení kabelu přes chodník:

- 1) Položení dobíjecího kabelu přímo na chodník a jeho zakrytí pochozí plastovou chráničkou
- 2) Umístění speciální zaklapávací kovové lišty do chodníku místo jedné řady dlažebních kostek

K zakrytí položeného dobíjecího kabelu lze využít standardně prodávané plastové nebo gumové chráničky. Při každém připojení kabelu tedy musí uživatel zakrýt kabel chráničkou po celé šířce chodníku. Toto řešení je vhodné pro méně časté nabíjení, chránička položená na chodníku samozřejmě představuje překážku a z estetického hlediska vypadá hůře.

Druhou možností je vložit do chodníku kovovou zaklapávací lištu. To znamená odejmout z chodníku jednu řadu dlažebních kostek po celé šířce chodníku a nahradit ji lištou. Lišta je pevně zafixovaná mezi dlažební kostky a vede od domu až ke hraně kamennému obrubníku na okraji vozovky. Vrchní stěna lišty je zarovnána do úrovně dlažebních kostek a natřena tak, aby respektovala barevný vzor chodníku a byla co nejméně nápadná. Vrchní kryt lišty je odklápěcí. Uživatel tedy při každém dobíjení odklopí vrchní kryt lišty, vloží do ní dobíjecí kabel a lištu zacvakne. Toto provedení tak nepředstavuje žádnou překážku, ani esteticky neznehodnocuje veřejný prostor. Zároveň je poměrně odolné proti všem nepříznivým vnějším vlivům.

Uložení lišty do chodníku je samozřejmě stavební zásah, který by měl být před svou realizací projednán s úřady. Především s Magistrátem hlavního města Prahy, technickou správou komunikací a se stavebním úřadem. Nepředpokládám však, že by pro uložení lišty bylo vyžadováno stavební povolení. Distributor by pravděpodobně povolil využívat distribuční sazbu D27d, pokud by žadatel věrohodně prokázal, že je vlastníkem elektromobilu a dobíjecí stanice bude skutečně sloužit pouze pro jeho vlastní potřebu. V opačném případě je nutné využívat sazbu C27d jako u veřejných DoS s trochu vyšší cenou elektřiny.

6.6.1 Napájení ze samostatného rozvaděče

V této variantě napájení musí žadatel požádat na PREDi o zřízení nového odběrného místa. Vzhledem k malému instalovanému příkonu 11 kW s hlavním jističem 3x16 A bude zřízení nového OM pravděpodobně bez problémů povoleno. Při zhotovení nového OM je nutné zaplatit připojovací poplatek ve výši 630 Kč/A. Elektroměrový rozvaděč je zřízen hned vedle stávající HDS ve výše

vyznačeném prostoru pod oknem. Přívod do ER bude veden z HDS kabelem AYKY 4x25mm² (stejný průřez vodičů jako u stávajícího HDV) a bude připojen paralelně k HDV na svorkách nožových pojistek v HDS. Žadatel podá žádost o přidělení distribuční sazby a standardně uzavře novou smlouvu s obchodníkem na dodávku elektřiny.

6.6.2 Napájení z bytové rozvodnice

Druhou variantou je napájení DoS z bytové rozvodnice majitele elektromobilu. Pro wallbox musí být zhotoven samostatný přívod z bytového rozvaděče kabelem CYKY 5x2,5mm², jištěný 3f jističem 3x16 A. To znamená bourací a zednické práce. Výhodou však je, že není nutné žádat na PREDi o zřízení nového OM, ani zřizovat nový elektroměrový rozvaděč. Nejjednodušší je připojit DoS na některý z bytů v přízemí. Čím vyšší patro bytu, tím je zřízení přívodu obtížnější a je lepší zvolit variantu samostatného napájení z nového OM. Po instalaci wallboxu žadatel podá žádost o změnu distribuční sazby.

7 Vstupní předpoklady

7.1 Odhad vytížení stanice

Velmi významným vstupem do ekonomického modelu je vytížení dobíjecích stanic. Tento údaj přímo ovlivňuje množství spotřebované elektrické energie a má zásadní vliv na všechny výstupní parametry modelu. Tento vstup je však zatížený velkou nejistotou a ovlivňuje ho celá řada různých faktorů. Rozhodl jsem se tedy vytvořit několik variant zatížení dobíjecí stanice podle procentní hodnoty stanoveného maximálního vytížení. Jak už bylo popsáno výše, maximální vytížení dobíjecího bodu za rok jsem stanovil na 1440 dobití (360 v noci a 1080 ve dne) v případě veřejné dobíjecí stanice, a maximálně 360 dobití v noci v případě soukromé DoS. Dále budu pracovat s procenty tohoto maximálního vytížení.

Na základě reálných dat z měření od PREDi se vytížení DoS dle mé metody pohybovalo do 30 %. Vybraná referenční dobíjecí stanice dosahovala vytížení 28 %. Vzhledem k tomu, že je elektromobilita ve fázi rozvoje a množství elektromobilů a zákazníků se stále zvyšuje, beru tyto hodnoty spíše jako nízké a do budoucna počítám, že vytížení dobíjecích stanic bude růst. Provedu ekonomické zhodnocení vytížení dobíjecích stanic na úrovni 15 %, 30 %, 50 % a 70 % maximálního vytížení. Přičemž 15 % vytížení je spíše pesimistický scénář, 30 % je reálné, 50 % optimistické a 70 % vytížení je velice optimistický scénář.

Rozhodl jsem se uvažovat konstantní vytížení dobíjecí stanice po celou dobu životnosti. Tento předpoklad je sice nepravděpodobný, jenže do scénářů vstupuje velké množství neznámých vstupů a není možné dopředu predikovat, jak se bude vytížení v průběhu životnosti měnit. Vytížení veřejné dobíjecí stanice zásadně ovlivňují faktory jako cenová politika provozovatele, konkurence v dané lokalitě, počet rezidentních uživatelů, úprava legislativních pravidel pro parkování, využívání stanic carsharingovými fleety apod. Rozhodl jsem se tedy spíše poskytnout investorovi informaci, jaký může očekávat ekonomický prospěch nebo úspory při určité konstantní úrovni vytížení DoS.

7.2 Spotřeba dobíjecí stanice

Na základě předpokládaného zatížení DoS lze vypočítat přibližnou spotřebu za rok. Na základě vytížení stanice znám počet dobití v noci a počet dobití ve dne. Předpokládám, že noční dobíjení probíhá vždy v NT a denní dobíjení probíhá vždy ve VT. Z dostupných dat spínání NT v tarifu C27d na území Hlavního města Prahy, vyplývá že doba sepnutí NT je nejčastěji v době od 22:00 večer do 6:00 ráno. /9/ Interval sepnutí NT může být podle podmínek tarifu rozdělen maximálně do tří souvislých celků. /15/ Je tedy možné, že někdy uprostřed noci bude chvilku aktivní VT. DoS by tedy měly být nastavené tak, aby v noci nabíjely skutečně pouze v NT. Pokud uživatel například připojí elektromobil k DoS třeba už v 19 h a neplánuje s ním už nikam jet, DoS by měla automaticky začít nabíjet až po sepnutí NT. Tato funkce bude zajištěna elektronikou DoS.

Pokud znám počet dobití v noci a ve dne, zbývá jen určit průměrnou spotřebu dobíjení ve dne a v noci a vynásobit počet dobití touto spotřebou. V modelu jsem použil průměrné hodnoty spotřeby dobíjení v noci a ve dne z mojí referenční dobíjecí stanice, kdy při nočním dobíjení je průměrná spotřeba 30 kWh a při denním 11 kWh (výstup z analýzy vytížení DoS výše). Pokud se podívám na data z ostatních analyzovaných DoS, průměr byl nižší (9 kWh ve dne a 20 kWh v noci), celkové srovnání však dle mého názoru zkreslovaly DoS s velmi nízkým vytížením a data na jednotlivých DoS se velice lišily. Proto jsem se přiklonil k použití dat z referenční dobíjecí stanice. Uvedená průměrná spotřeba ve dne a v noci platí pro celou dobu životnosti.

Na základě analýzy parametrů elektromobilů výše, se kapacita baterie elektromobilů pohybovala nejčastěji v rozmezí 40 – 70 kWh. Rozhodl jsem se tedy uvažovat průměrnou kapacitu baterie 55 kWh. Při dobíjení vznikají v elektromobilu ztráty při usměrňování střídavého proudu a ukládání energie do baterie. Tyto ztráty jsou přibližně 10 % a musíme je připočítat k celkové spotřebě. Při nočním dobíjení uživatel tedy průměrně dobíjí přibližně 50 % kapacity baterie a při denním dobíjení přibližně 20 % kapacity baterie. Pro soukromé DoS uvažuji dobíjení pouze v noci v NT. Lze předpokládat, že průměrná spotřeba dobíjení může v budoucnu růst, neboť se budou postupem času vyrábět vozy s větší kapacitou baterie.

7.3 Cenová politika a platby za dobíjení

Cenová politika provozovatele instalace DoS je klíčovým vstupním parametrem, který ovlivňuje míru vytížení i ekonomickou výhodnost investice. Konkurenční poskytovatelé veřejného dobíjení nabízejí dobíjení v různých tarifech. Tarify nejčastěji kombinují platbu za odebrané množství v kWh s časovou platbou za minutu dobíjení nebo s měsíčním paušálem. Předpokládám, že veřejná instalace DoS bude integrována do některé z již existujících služeb pro zprostředkování veřejného dobíjení.

Nastavení cenové politiky může být značně variabilní a může záměrně zvýhodňovat určité skupiny uživatelů. Například může být zvýhodněno dobíjení pro rezidentní zákazníky nebo pro zákazníky s předplaceným paušálem. Dále může být dobíjení zpoplatněno časově a může být penalizováno bezdůvodné blokování dobíjecího místa již dobitým vozem. Cenová politika se může operativně měnit dle aktuálních potřeb provozovatele, konkurence a celkové situace na trhu. Podobu cenové politiky zde nebudu nijak konkrétně specifikovat. Pro zjednodušení ekonomického modelu a výsledného zhodnocení budu uvažovat pouze platbu za dodanou kWh. Platbu za časové využití stanice ani měsíční paušál neuvažuji.

Zavádím předpoklad, že cenová politika je nastavena v podobné cenové hladině a za srovnatelných podmínek s konkurencí. Zákazníci se tedy nebudou hromadně přesunovat ke konkurenci, ani nebudou DoS přetěžovat a nadužívat.

Vzhledem k tomu, že instalace DoS bude integrována do zprostředkovatelského a platebního systému třetí strany, je nutné počítat s provizí a s měsíčními platbami za využívání této služby. Pro navržený typ DoS poskytuje tuto službu společnost EV Expert s.r.o. Výše provize činí 3 % z každé platby a 1200 Kč/rok za jeden dobíjecí bod. /34/ Provozovatel platebního systému je centrální protistranou mezi zákazníkem a majitelem DoS. Provize je stržena ještě před připsáním platby na účet majitele DoS, neuplatňuje se tedy do nákladů, ani netvoří základ pro výpočet DPH. Naopak roční paušální platba za dobíjecí bod je daňově uznatelný náklad a vstupuje do účetnictví majitele DoS.

Soukromých DoS se cenová politika ani platba za dobíjení netýká.

7.4 Investiční náklady

Investiční náklady lze rozdělit do dvou samostatných částí. První část tvoří přípojovací náklady a druhou část tvoří náklady na samotné zřízení instalace DoS. Obě části investice budou samostatně vyfakturovány a v případě veřejné DoS samostatně odepisovány v jiných odpisových skupinách. Mezi přípojovací náklady zahrnují zřízení nové přípojky a zapojení elektroměru, tyto náklady hradí PREdi. Dále sem patří přípojovací poplatek za připojení nového odběrného místa a zřízení elektroměrového rozvaděče. Tyto náklady již plně hradí investor.

Mezi náklady na zřízení samotné instalace DoS patří zhotovení projektové dokumentace, výkopy, bourací a stavební práce, natažení kabelů pod chodníkem, vybetonování podstavců pro DoS, montáž a připojení DoS, pořizovací cena DoS a revize.

Pořizovací cenu dobíjecích stanic, jejich příslušenství a kabeláže jsem určil na základě platných ceníků dodavatelů. Ceny stavebních montážních a elektroinstalačních prací jsem stanovil odhadem dle portálu cenikyremesel.cz. /62/ Cenu za zhotovení projektové dokumentace a provedení revize jsem určil orientačně z vlastní zkušenosti. Ve dvou tabulkách níže uvádím investiční náklady pro všechny navržené varianty instalace DoS. Všechny ceny uvedené v tabulkách níže (kromě přípojovacího poplatku) jsou včetně DPH 21%. Přípojovací poplatek pro nová třífázová odběrná místa na území PREdi činí 630 Kč/A. Přípojovací poplatek není předmětem odpočtu DPH.

7.4.1 Investiční náklady veřejné dobíjecí stanice

Veřejná dobíjecí stanice							
Varianta instalace DoS		C 3x sloupková DoS		B 2x sloupková DoS		A 1x sloupková DoS	
Hlavní jistič		3x40A		3x63A		3x100A	
Připojovací náklady	Kč/MJ	ks,A	Kč	ks,A	Kč	ks,A	Kč
Zřízení přípojky			PREdi		PREdi		PREdi
Elektroměr			PREdi		PREdi		PREdi
Připojovací poplatek PRE	630	40	63000	63	39690	100	25200
Zřízení ER	30000	1	30000	1	30000	1	30000
CELKEM			93000		69690		55200
Zřízení instalace DoS	Kč/MJ	ks,m	Kč	ks,m	Kč	ks,m	Kč
Projektová dokumentace	20000	1	20000	1	20000	1	20000
Výkopové a bourací práce, Natažení kabelů		1	40000	1	35000	1	30000
Dláždění chodníku		1	10000	1	8000	1	6000
Montáž a zapojení stanic	5000	3	15000	2	10000	1	5000
Kabeláž (silové a datové kab.)	600	40	24000	30	18000	15	9000
Stojan dobíjecí stanice	9490	3	28470	2	18980	1	9490
Dobíjecí stanice	82490	3	247470	2	164980	1	82490
Revize elektro	3000	1	3000	1	3000	1	3000
CELKEM			387940		277960		164980
CELKEM			480940		347650		220180

Tab.10: Investiční náklady veřejná instalace DoS

V tabulce výše jsou podrobně rozepsány investiční náklady na jednotlivé varianty veřejné dobíjecí stanice. Cenu za zřízení nové ER uvažují stejnou ve všech variantách, neboť její velikost a technické vybavení se v jednotlivých variantách zásadně nemění. Rovněž cena za zhotovení projektové dokumentace a za počáteční revizi je shodná ve všech variantách. Stavební a elektrikářské práce jako výkopy, bourání a dláždění mají velkou fixní složku nákladů a nejsou tolik závislé na velikosti instalace DoS. V ceně kabeláže je přírodní kabel CYKY 5x25 mm², ethernetový kabel a komunikační kabely. V posledním řádku tabulky je pro každou variantu vypočtená celková výše investičních nákladů.

7.4.2 Investiční náklady soukromé dobíjecí stanice

Soukromá dobíjecí stanice		
Varianta instalace DoS	D Samostatná	E Připojená na byt
Hlavní jistič	3x16A	3x25A
Rozpočet připojení	Kč	Kč
Zřízení přípojky	PREdi	stávající
Elektroměr	PREdi	stávající
Připojovací poplatek PRE	10080	není
Zřízení elektroměrového rozvaděče	10000	není
CELKEM	20080	0
Dobíjecí stanice	Kč	Kč
Wallbox	24000	24000
Montáž wallboxu	3000	3000
Bourací práce a natažení kabelu z bytu	0	6000
Další úpravy	2000	2000
Revize elektro	2000	2000
CELKEM	31000	37000
CELKEM	51080	37000

Tab.11: Investiční náklady soukromá DoS

V tabulce výše jsou rozepsány investiční náklady pro dvě varianty soukromé DoS. Ve variantě E jsou náklady na připojení nulové, neboť je využito již existující OM v bytě. Ve variantě D uvažují připojovací poplatek dle hodnoty hlavního jističe a zřízení malého elektroměrového rozvaděče na fasádě budovy. Ve variantě napájení wallboxu z bytu počítám se zřízením samostatného přívodu z bytového rozvaděče. Ostatní náklady na pořízení, montáž wallboxu, revizi a stavební úpravy jsou shodné u obou variant.

7.5 Diskont

Investorem projektu je majitel BD. Výši jeho diskontu lze určit pomocí ukazatele WACC (Weighted average cost of capital), neboli váženého průměru nákladů kapitálu. /40/ WACC lze vypočítat z následujícího vzorce:

$$WACC = r_e * \frac{E}{E + D} + r_d * (1 + \tau) * \frac{D}{E + D} \quad (2)$$

Kde:

r_e – Náklad na vlastní kapitál

E – Objem vlastního kapitálu

r_d – Náklad na cizí kapitál

E – Objem cizího kapitálu

T – Sazba daně z příjmu

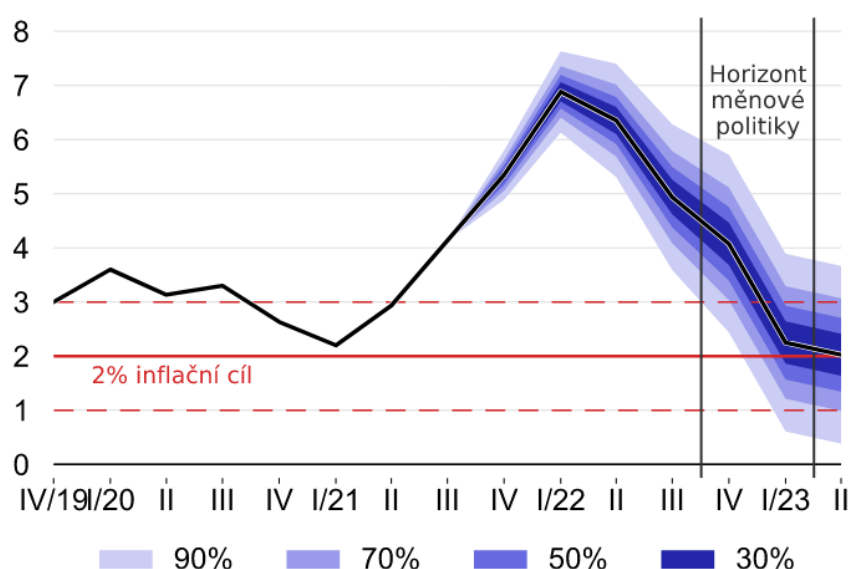
Předpokládám, že majitel bytového domu není ochotný žádat o úvěr v bance. Projekt tedy bude financován pouze s použitím vlastního kapitálu. Pokud nebudu uvažovat použití cizího kapitálu, zjednoduší se vzorec následujícím způsobem:

$$WACC = r_e * \frac{E}{E + D} = r_e \quad (3)$$

Výsledný diskont, je tedy určen pouze nákladem na vlastní kapitál r_e . Výše cizího kapitálu je nulová. Investor vyžaduje kompenzaci za časovou hodnotu peněz a za risk, který investicí podstupuje. Náklady na vlastní kapitál určím pomocí alternativní investice s podobným rizikem. Jako alternativní investici má majitel domu možnost provést stavbu nových bytových jednotek a následně je pronajímat. Podle studie Deloitte Property Index z roku 2017 se roční výnos z pronájmu nemovitostí v ČR pohybuje v rozmezí 4 – 6 %. V Praze je pak průměrný výnos z pronájmu 5,5 %. /63/ Majitel domu neplánuje ani v budoucnu prodej nemovitosti a veškeré jeho příjmy plynou pouze z pronájmu bytů. Z tohoto důvodu nebudu zohledňovat celkové ekonomické zhodnocování nemovitosti, neboť prodejní cena je podstatná pouze v případě prodeje domu. Diskont jsem zvolil ve výši 5 %, jako očekávaný výnos z alternativní investice do rekonstrukce bytů.

7.6 Výše inflace

Výši inflace uvažuji na úrovni 2,5 %. Dlouhodobý cíl České národní banky je držet míru inflace na úrovni 2 %. /22/ Od roku 2017 je však průměrná roční míra inflace pravidelně vyšší. /dle dat ČSÚ/ Vzhledem k současné velmi uvolněné měnové politice a vysokému nárůstu roční míry inflace považuji za velice nepravděpodobné, aby se ČNB dařilo inflaci držet na úrovni 2 %. Uvažuji tedy dlouhodobě výši průměrné roční inflace 2,5 %.



Graf 1: Prognóza vývoje celkové inflace dle ČNB, zveřejněno 4.11.2021 /22/

Na obrázku výše je znázorněn předpokládaný vývoj celkové míry inflace a časový horizont měnové politiky ČNB. Inflace v příštích obdobích se očekává s uvedenou spolehlivostí v barevně vyznačených pásmech. kdy Uvedení dobíjecích stanic do provozu uvažuji v prvním kvartálu roku 2023. V tomto období může tedy být celková míra inflace se spolehlivostí 90 % v rozmezí 0,7 - 3,9 %.

7.7 Cena elektrické energie

Abych mohl určit NPV za dobu životnosti DoS, musím nejprve odhadnout vývoj ceny elektrické energie. Cena elektrické energie je tvořena neregulovanou a regulovanou složkou. Předpokládám, že neregulovaná cena elektrické energie v Kč/MWh ve VT a NT bude v budoucnu více volatilní, než tomu bylo doposud. Lze předpokládat významné cenové výkyvy řádově i o desítky procent. Situace na trhu s elektřinou je nestabilní, dochází k odstavování uhelných elektráren po celé Evropě a k masivní výstavbě nových OZE. V sousedním Německu dokonce mají být v roce 2022 z politických důvodů odstaveny další bloky jaderných elektráren. Mnoho nejistot také panuje kolem dodávek zemního plynu. Dostupnost a cena zemního plynu přitom zcela zásadně ovlivňuje ceny elektřiny na evropských burzách. Některé analýzy uvádějí, že nárůst cen elektrické energie v ČR může dosáhnout až 300 % do roku 2036, dokud se nepodaří dostavět další bloky jaderných elektráren Temelín a Dukovany. Skutečný vývoj cen v budoucnu však nedokáže v současné době odhadnout vůbec nikdo.

Rozhodl jsem se k odhadu budoucích cen přistoupit racionálně a spíše konzervativním způsobem na základě futures opcí na elektřinu z burzy. /12/ Udělal jsem si přehledovou tabulku futures kontraktů base load (F PXE CZ BL CAL) a peak load (F PXE CZ PL CAL) od roku 2017 do roku 2025. /23/ Zároveň jsem si dohledal ceny neregulované složky elektřiny ve VT a NT v tarifu C27d a D27d v letech 2016-2021 dle ceníků PRE, platných vždy od 1.1. daného roku. /24/ Ceny futures kontraktů v eurech jsem pro každý rok přepočtl na koruny dle tehdejšího aktuálního měnového kurzu. Dále jsem porovnal, jak se přibližně lišila cena účtovaná obchodníkem za neregulovanou složku elektřiny ve VT a NT oproti tehdejšími cenám futures na burze. Vypočetl jsem si koeficienty přepočtu pro VT a NT. Pro NT byla cena za MWh účtovaná obchodníkem průměrně 1,073 krát větší a u VT 1,313 krát vyšší než cena futures kontraktu na PXE. Ceny neregulované složky elektřiny ve VT a NT do konce roku 2025 jsem tedy odvodil přepočtem z aktuálních cen futures kontraktů do roku 2025. Od začátku roku 2026 uvažuji 3 % roční eskalaci cen elektrické energie z roku 2025. Dále uvažuji eskalaci neregulované platby za odběrné místo shodnou s vyšší uvažované inflace 2,5 %.

Regulovanou složku ceny elektřiny stanovuje Energetický regulační úřad v cenových rozhodnutích pro každý rok. Mezi regulované složky ceny elektřiny patří platba za množství dodané energie ve VT a NT, daň z elektřiny, systémové služby, platba pro OTE, platba za příkon a příspěvek na podporu OZE dle instalovaného jističe a dle spotřeby. Předpokládám, že ceny regulovaných položek ceny elektrické energie se budou měnit pozvolněji než neregulované složky. S ohledem na minulý vývoj, uvažuji do budoucna meziroční růst regulovaných složek ceny na úrovni 2 %, tedy 0,5 % pod inflaci. Provozovatel dobíjecí stanice bude mít vždy pro každý rok smluvně zafixovanou cenu elektřiny u obchodníka na celý rok.

7.8 Způsoby odepisování dobíjecí stanice

Investiční náklady nelze v účetnictví dát do nákladů a musí se daňově odepisovat, jestliže se jedná o technické zhodnocení budovy a pokud celkové náklady spolu s ostatními technickými zhodnoceními budovy přesáhnou 40 000 Kč ročně. Při technickém zhodnocení dochází k navýšení zůstatkové ceny budovy. Technické zhodnocení není například oprava fasády nebo oprava střechy. Daňové odpisy uvažují pouze ve variantě komerčně provozované veřejné dobíjecí stanice. V případě soukromé DoS odpisy neuvažují.

Obecné rozdělení odpisových skupin		
Skupina	Popis odpisové skupiny	Roky
1	počítače, kancelářská technika, školní potřeby, nástroje, nářadí	3
2	osobní a nákladní automobily, pracovní stroje, TV a rozhlasové přijímače, nábytek	5
3	klimatizace, kotle k vytápění, výtahy, lodě	10
4	budovy ze dřeva a plastů, plynovody, energetická výrobní díla, osvětlení budov a staveb	20
5	výrobní budovy, dálnice, silnice, studny, vrty, mosty	30
6	obchodní domy, administrativní budovy, školy, kulturní památky	50

Tab.12: Obecné rozdělení odpisových skupin /10/

Mezi konkrétní odpisové skupiny, které lze v uvažovaném případě použít, patří následující:

(2) 27.12.31 Rozvaděče, rozvodné panely a jiné základny, vybavené elektrickým zařízením k vypínání, spínání nebo k ochraně elektrických obvodů, pro napětí $\leq 1\ 000\ V$

(3) 27.11.50 Předřadníky pro výbojky nebo výbojkové trubice, statické měniče, ostatní induktoři

(4) 222 Vedení místní trubní, elektrická a telekomunikační, pokud nejsou uvedena v jiné položce této přílohy

(5) 1 Budovy, pokud nejsou uvedeny v jiné položce této přílohy /10/

Náklady na pořízení veřejné dobíjecí stanice přesáhnou 40 000 Kč, bude se jednat o technické zhodnocení a investice musí být daňově odepisována. Dobíjecí stanice se odepisují ve 3. odpisové skupině. Samotná dobíjecí stanice, kterou je případně možné demontovat, představuje samostatný technologický celek napojený na elektrické rozvody. /64/ Předpokládám rozdělení investice na dvě části, z nichž každá bude zvlášť vyfakturována a zvlášť daňově odepisována. Uvažují rovnoměrné odpisy.

Položka	Odpisová skup.	Počet let
Nová přípojka, připojovací náklady, elektroměrový rozvaděč	2	5
Dobíjecí stanice včetně příslušenství na klíč	3	10

Tab.13: Rozdělení investičních nákladů do odpisových skupin

Existuje zde velice těsná hranice mezi zařazením odpisů, neboť nová elektroinstalace (rozvody a další prvky), která je součástí stavby, představuje technické zhodnocení stavby (hmotného majetku). Nová elektroinstalace zvyšuje zůstatkovou cenu stavby a měla by se odepisovat dle odpisové skupiny celého

aktiva (bytového domu). V mojí práci však uvažuji elektroinstalaci oddělenou od domu, neboť s ním nesouvisí a napájí zařízení umístěná na veřejné komunikaci. Novou přípojku, přípojovací náklady, elektroměrový rozvaděč a další náklady připojení odepisuji ve 2. odpisové skupině pod kódem 27.12.31. Dobíjecí stanice odepisuji ve 3. odpisové skupině pod kódem 27.11.50. /64/ Na bytový dům jako celek nejsou uplatňovány žádné daňové odpisy.

7.9 Další vstupní předpoklady

Předpokládám, že majitel domu má dostatek finančních prostředků na realizaci instalace dobíjecích stanic a nemá potřebu si na projekty podobné velikosti půjčovat. Financování uvažuji kompletně z vlastních zdrojů. Zisk z provozu dobíjecích stanic je zatížen daní z příjmu právnických osob ve výši 19 %. /13/ Sazba DPH je ve výši 21 %. Na provozování soukromé DoS se žádné daně nevztahují. Životnost instalace DoS uvažuji 20 let. Životnost některých částí může být reálně mnohem vyšší. Například rozvaděče a sítě mají vyšší životnost. Za 20 let však dojde k morálnímu zastarání technologie a bude nutné provést rekonstrukci stanice. Instalace veřejných DoS bude umístěna na pozemku Hlavního města Prahy ve veřejném prostoru. Je otázkou, za jakých podmínek Magistrát hlavního města Prahy povolí výstavbu stanic. Je možné, že magistrát bude požadovat nějakou finanční kompenzaci za využití prostoru, například formou platby ročního nájemného. Ve svém projektu však nájemné za užívání veřejného prostoru neuvažuji.

8 Ekonomický model

Ekonomické zhodnocení provedu z hlediska projektu. Investorem dobíjecích stanic bude majitel bytového domu. Majitel je právnická osoba a je plátcem DPH. Dobíjecí stanice budou nainstalovány odbornou firmou, ale vlastní provoz již bude zajišťovat sám majitel BD. Pravidelné revize a případné opravy bude provádět odborná firma. Všechny varianty porovnávám za očekávanou dobu životnosti 20 let. Zhotovil jsem dva ekonomické modely, první model je pro veřejnou instalaci DoS a druhý model je pro soukromé DoS.

8.1 Model veřejné dobíjecí stanice

Cílem ekonomického modelu veřejné dobíjecí stanice je ekonomicky zhodnotit tři varianty velikostí instalace DoS (A, B, C popsáno výše) ve čtyřech úrovních vytížení a provést citlivostní analýzu na nejvýznamnější vstupní hodnoty. Hlavními technickými vstupy ekonomického modelu jsou počet dobíjecích míst, hodnota hlavního jističe před elektroměrem v ampérech, průměrné množství dobité energie na jedno dobíjení v kWh, počet dobíjení v noci a ve dne za měsíc, maximální vytížení DoS a procento vytížení DoS dle mojí metodiky. Mezi základní ekonomické vstupy patří průměrná míra inflace, výše DPH, sazba daně z příjmu a diskont investora. Dále výše investičních nákladů a jejich zařazení do odpisových skupin, poplatky za revize a služby pro DoS včetně jejich eskalací. Podrobný rozbor složek ceny elektřiny v regulované a neregulované části ceny, včetně odhadu eskalací a vývoje do budoucna. V neposlední řadě také výše prodejní marže k prodané elektřině a výše provize pro poskytovatele platebních služeb.

V modelu se v první řadě zabývám výpočtem vytížení instalace DoS. Cílem je zjistit celkové množství odebrané elektrické energie za rok. Nejprve si určím maximální možné vytížení instalace DoS, vytížení na této hodnotě uvažuji jako 100 %. Vytížení instalace DoS potom posuzuji ve čtyřech variantách 15 %, 30 %, 50 % a 70 % maximálního vytížení DoS dle mojí metodiky. Na základě počtu dobíjecích bodů, zadaného procenta vytížení a průměrného množství dobité energie v kWh na jedno dobítí určím celkovou spotřebu elektrické energie. Na všech dobíjecích bodech uvažuji v rámci jedné varianty shodné procento vytížení. Dále provádím rozbor ceny elektrické energie a odhad vývoje ceny do budoucna. U každé složky ceny EE uvádím počáteční cenu v Kč a očekávanou eskalaci. Dalšími vstupy v této části modelu jsou investiční náklady s vypočtenou výší odpisů (uvažuji rovnoměrné odepisování) a fixní náklady na revize a poplatky za provoz DoS.

Následuje výpočetní část modelu, jejímž výstupem je výše celkových nákladů za elektřinu ve VT a NT, celková výše fixních nákladů za elektřinu (8), výše provozních nákladů bez odpisů, roční odpisy a výše provize. Celkové náklady jsou uvedeny ve dvou variantách včetně DPH a bez DPH. Na základě těchto nákladů vypočtu pro každý rok prodejní cenu elektřiny za náklady. Jedná se o cenu účtovanou zákazníkům za odebranou kWh v daném roce, při níž provozovatel dosáhne přesně nulového čistého zisku EAT. Prodejní cena za náklady je včetně DPH a provize pro poskytovatele platebních služeb. Pro každý rok určuji meziroční změnu ceny za náklady a počítám průměrnou meziroční změnu ceny za náklady za hodnocené období.

V další části určuji skutečnou prodejní cenu za kWh účtovanou zákazníkovi s prodejní marží. Tuto cenu určím tak, že k prodejní ceně elektřiny za náklady připočítám předem zadanou výši prodejní marže eskalovanou dle meziroční změny ceny dobíjení za náklady. Skutečná prodejní cena elektřiny je včetně prodejní marže, DPH a provize. (9)

Dále sestavuji výsledovku a pro každý rok určím výši zisku před zdaněním EBT a výši čistého zisku EAT. Jako vstupní hodnotu pro výpočet tržeb za dobíjení uvažuji skutečnou prodejní cenu elektřiny včetně marže a DPH, ovšem bez provize. (7) Provize je stržena ještě před připsáním platby na účet provozovatele, nevstupuje tedy do účetnictví, netvoří základ pro výpočet DPH ani nelze dát do nákladů. Pro každý rok poté vypočítám cashflow a výdajové cashflow. Obě cashflow diskontuji stanovenou diskontní sazbou v jednotlivých letech a vypočítám diskontované cash flow pro každý rok.

Finálním výstupem ekonomického modelu je pak výpočet čisté současné hodnoty NPV (5) a výdajového NPV (4). Výdajové NPV je vhodnější pro porovnání variant instalace DoS s rozdílnými cenovými politikami provozu. NPV zde počítám ještě ve dvou variantách pro plátce a neplátce DPH. Dalším výstupem modelu je pak prodejní cena elektřiny za náklady včetně DPH a provize v Kč/kWh (9) a její průměrná meziroční eskalace. Dále vypočtu ještě investiční náklady na 1 kWh. (11)

8.1.1 Výpočet NPV

Výhodnější variantu instalace DoS mohu objektivně určit peněžní hodnotou. Jednotlivé varianty instalace DoS porovnam pomocí kritéria čisté současné hodnoty NPV. (5) Vyšší NPV označuje výhodnější variantu investice. Metoda výpočtu NPV funguje tak, že po celou dobu životnosti projektu sčítám diskontované hotovostní toky (DCF). Pomocí diskontu při výpočtu zohledňuji cenu ušlé příležitosti, alternativní investice. Požaduji, abych uspokojil zadaný diskont. Diskont zohledňuje výši inflace, bezrizikový výnos a příplatek za riziko. /18/ Jako dobu porovnání výhodnosti investic jsem zvolil

20 let, což je očekávaná doba životnosti instalace dobíjecích stanic. Ve výpočtu pro zjednodušení uvažují nulovou zbytkovou hodnotu instalace DoS po skončení životnosti. Pro jednotlivé varianty vypočítám také výdajové NPV (4).

$$NPV_{\text{výdajové}} = \sum_{t=0}^{T_z} \frac{CF_t}{(1+r)^t} = \sum_{t=0}^{T_z} \frac{N_{i,t} + N_{p,t} + N_{fix,t} + N_{var,t}(Q) + N_{DPH,t} + N_{dan,t}}{(1+r)^t} \quad (4)$$

$$NPV = \sum_{t=0}^{T_z} \frac{CF_t}{(1+r)^t} = \sum_{t=0}^{T_z} \frac{V_t(Q) - N_{i,t} - N_{p,t} - N_{fix,t} - N_{var,t}(Q) - N_{DPH,t} - N_{dan,t}}{(1+r)^t} \quad (5)$$

Kde:

T_z – Doba životnosti projektu (roky)

CF_t – Hotovostní tok CF v roce t

$N_{i,t}$ – Investiční náklady v roce t

$N_{p,t}$ – Provozní náklady v roce t

$N_{fix,t}$ – Fixní náklady v roce t

$N_{var,t}(Q)$ – Variabilní náklady závislé na spotřebě elektřiny (Q) v roce t

$N_{DPH,t}$ – Náklady na odvedení DPH v roce t

$N_{dan,t}$ – Náklady na daň z příjmu v roce t

r – Diskont

$V_t(Q)$ – Výnosy z dobíjení elektromobilů v roce t (6)

8.1.2 Výpočty

Výnosy z dobíjení elektromobilů

$$V_t(Q) = C_{\text{prodejní},t} * Q_t + V_{fix,t} \quad (6)$$

$V_t(Q)$ – Výnosy z dobíjení elektromobilů v roce t

$C_{\text{prodejní},t}$ – Prodejní cena elektřiny pro zákazníka včetně prodejní marže a DPH v roce t (7)

Q_t – Množství prodané elektrické energie v roce t

$V_{fix,t}$ – Celkové fixní výnosy (paušály za dobíjení) v roce t – v modelovém výpočtu jsou nulové

Prodejní cena elektřiny vč. marže a DPH

$$C_{\text{prodejní},t} = C_{\text{zanáklady,včDPH},t} + M_t * (1 + esk)^t \quad (7)$$

$C_{\text{prodejní},t}$ – Prodejní cena elektřiny pro zákazníka včetně marže v roce t

$C_{\text{zanáklady,včDPH},t}$ – Prodejní cena elektřiny pro zákazníka za náklady vč. DPH v roce t (8)

M_t – Uvažovaná výše prodejní marže v Kč v roce t

esk – Průměrný meziroční růst ceny za náklady $C_{\text{zanáklady,včDPH},t}$ v % za 20 let

Tato prodejní cena je počítána bez provize pro poskytovatele platebních služeb.

Prodejní cena elektřiny za náklady vč. DPH

$$C_{zanáklady,včDPH,t} = \frac{100}{79} * \frac{N_{el,celk,t} + N_{provozní,t} + N_{odpisy,t}}{Q_{el,t}} \quad (8)$$

$N_{el,celk,t}$ – Celkové náklady na dodanou elektrickou energii ze sítě za rok (10)

$N_{provozní,t}$ – Provozní náklady bez odpisů za rok

$N_{odpisy,t}$ – Celkové roční odpisy

Prodejní cena elektřiny za náklady vč. DPH a provize

$$C_{zanáklady,včDPH,provize,t} = \frac{100}{97} * C_{zanáklady,včDPH,t} \quad (9)$$

$C_{zanáklady,včDPH,t}$ – Prodejní cena elektřiny za náklady vč.DPH v roce t

$C_{zanáklady,včDPH,provize,t}$ – Prodejní cena elektřiny za náklady vč.DPH a provize v roce t

Náklady na dodanou elektřinu

$$N_{el,celk,t} = Q_{el,NT,t} * (C_{NT,nerereg} + C_{NT,reg}) + Q_{el,VT,t} * (C_{VT,nerereg} + C_{VT,reg}) + (Q_{el,NT,t} + Q_{el,VT,t}) * (\tau_{dan} + C_{sys} + C_{OZE,kWh}) + 12 * (C_{OM} + C_{OTE} + C_{OZE,A} * I_{jistič}) \quad (10)$$

$Q_{el,NT,t}$ – Množství odebrané elektřiny v NT za rok

$Q_{el,VT,t}$ – Množství odebrané elektřiny ve VT za rok

$C_{NT,nerereg}$ – Neregulovaná cena za kWh v NT

$C_{VT,nerereg}$ – Neregulovaná cena za kWh ve VT

$C_{NT,reg}$ – Regulovaná cena za kWh v NT

$C_{VT,reg}$ – Regulovaná cena za kWh ve VT

T_{dan} – Daň z elektřiny

C_{sys} – Cena za systémové služby

$C_{OZE,kWh}$ – Cena za podporu OZE dle spotřeby v kWh

$C_{OZE,A}$ – Cena za podporu OZE dle hlavního jističe v A

C_{OM} – Cena za OM, neregulovaná

C_{OTE} – Cena za služby OTE

Investiční náklady na 1 kWh za dobu životnosti

$$N_{inv(1kWh)} = \frac{N_{inv,0}}{\sum_{t=0}^{Tž} Q_{el,t}} \quad (11)$$

$N_{inv,0}$ – Investiční náklady

$Tž$ – Doba životnosti DoS

$Q_{el,t}$ – Celkové množství elektřiny spotřebované za rok v kWh

8.2 Model soukromé dobíjecí stanice

Soukromá DoS není provozována komerčně, neuvažují žádné zisky, prodejní ceny, odpisy ani daně. Pro hodnocení variant použijí pouze výdajové NPV. Cílem ekonomického modelu soukromé dobíjecí stanice je ekonomicky zhodnotit dvě varianty provedení soukromé DoS (D, E popsáno výše) v šesti úrovních očekávaného vytížení (15%, 30%, 45%, 60%, 75%, 90%) a provést citlivostní analýzu. Hlavními technickými vstupy ekonomického modelu jsou průměrné množství dobité energie na jedno dobíjení v noci v kWh, počet dobíjení v noci za měsíc, maximální vytížení DoS a procento vytížení DoS dle její metodiky. Pro obě varianty uvažují pouze jeden dobíjecí bod a hlavní jistič 16 A pro variantu D a 25 A pro variantu E. Dobíjení bude probíhat pouze v nočních hodinách. Mezi ekonomické vstupy patří průměrná míra inflace, diskont investora, ceny pravidelných revizí a výše investičních nákladů. Dále podrobný rozbor složek ceny elektřiny v regulované a neregulované části ceny, včetně odhadu eskalací a vývoje do budoucna.

Ve výpočetní části jsou uvedeny náklady na elektřinu v NT, celkové fixní náklady a provozní náklady (revize). Odpisy se v tomto případě neuplatní. Dále vypočítám cenu dobíjení za náklady pro obě varianty D a E. (12) (13) Jedná se o konečnou cenu, za kterou bude majitel elektromobilu nabíjet a bude ji platit ve formě faktur za elektřinu. Ve variantě E neuvažují žádné fixní náklady na elektřinu, neboť jsou stejně placeny v souvislosti s provozováním bytu. Neuplatní se zde DPH, provize ani marže. Pro každý rok vypočítám meziroční změnu ceny za náklady a její průměrný meziroční růst za dobu životnosti. Pro obě varianty vypočítám výdajové NPV (12). Investiční náklady na 1 kWh vypočítám stejným způsobem, jako u ekonomického modelu veřejné DoS. (11)

8.2.1 Výpočet výdajového NPV

$$NPV_{výdajové} = \sum_{t=0}^{T_z} \frac{CF_t}{(1+r)^t} = \sum_{t=0}^{T_z} \frac{N_{i,t} + N_{p,t} + N_{fix,t} + N_{var,t}(Q)}{(1+r)^t} \quad (12)$$

Kde:

T_z – Doba životnosti projektu (roky)

CF_t – Hotovostní tok CF v roce t

$N_{i,t}$ – Investiční náklady v roce t

$N_{p,t}$ – Provozní náklady v roce t

$N_{fix,t}$ – Fixní náklady za elektřinu v roce t

$N_{var,t}(Q)$ – Variabilní náklady závislé na spotřebě elektřiny (Q) v roce t

r – Diskont

Ve variantě soukromé dobíjecí stanice napájené z bytové rozvodnice nebudou uvažovat ve výše uvedeném vzorci fixní náklady za elektřinu ($N_{fix,t}$) neboť tyto náklady by uživatel stejně musel platit při užívání bytu.

8.2.2 Výpočty

Cena dobíjení za náklady při samostatném napájení DoS (D)

$$C_{zanáklady,sam,t} = \frac{N_{el,celk,t} + N_{provozní,t}}{Q_{el,t}} \quad (13)$$

Cena dobíjení za náklady při napájení DoS z bytu (E)

$$C_{zanáklady,byt,t} = \frac{N_{el,celk,t} - N_{el,fix,t} + N_{provozní,t}}{Q_{el,t}} \quad (14)$$

$N_{el,celk,t}$ – Celkové náklady na dodanou elektrickou energii ze sítě za rok

Výpočet $N_{el,celk,t}$ je shodný jako u ekonomického modelu pro veřejné dobíjení. (10)

$N_{el,fix,t}$ – Celkové fixní náklady na dodanou elektrickou energii ze sítě za rok

$N_{provozní,t}$ – Provozní náklady za rok

9 Ekonomické zhodnocení

9.1 Veřejná dobíjecí stanice

Provedl jsem ekonomické zhodnocení tří variant velikosti instalace DoS ve čtyřech konstantních úrovních zatížení 15%, 30%, 50% a 70% maximálního vytížení. Maximální vytížení dobíjecího bodu je stanoveno na 4 dobití za den (1x noční a 3x denní), tedy 1440 dobití za rok na jeden dobíjecí bod. Pro každou úroveň zatížení je nahoře v tabulce uvedeno, kolik dobití připadá na jeden dobíjecí bod za rok.

	Vytížení	15%	30%	50%	70%	
	Dobití/bod/rok	216	432	720	1008	
A 2x22kW	Dobití celkem	432	864	1440	2016	dobití
	Dobití/noc	108	216	360	504	dobití
	Spotřeba/rok	6,8	13,6	22,7	31,8	MWh
B 4x22kW	Dobití celkem	864	1728	2880	4032	dobití
	Dobití/noc	216	432	720	1008	dobití
	Spotřeba/rok	13,6	27,2	45,4	63,5	MWh
C 6x22kW	Dobití celkem	1296	2592	4320	6048	dobití
	Dobití/noc	324	648	1080	1512	dobití
	Spotřeba/rok	20,4	40,8	68	95,3	MWh

Tab.14: Počty dobití a spotřeba EE u jednotlivých variant veřejné dobíjecí stanice

Všechny údaje v tabulce výše jsou uvedeny za rok, vytížení instalace DoS uvažuji konstantní, tudíž jsou tyto hodnoty stejné pro všechny roky v průběhu životnosti. U každé varianty uvádím celkový počet dobití a počet dobití v noci v jednotlivých variantách A, B a C při různých vytíženích. Počet dobití ve dne lze snadno vypočítat jako rozdíl celkového počtu dobití a počtu dobití v noci. Dále je v tabulce pro

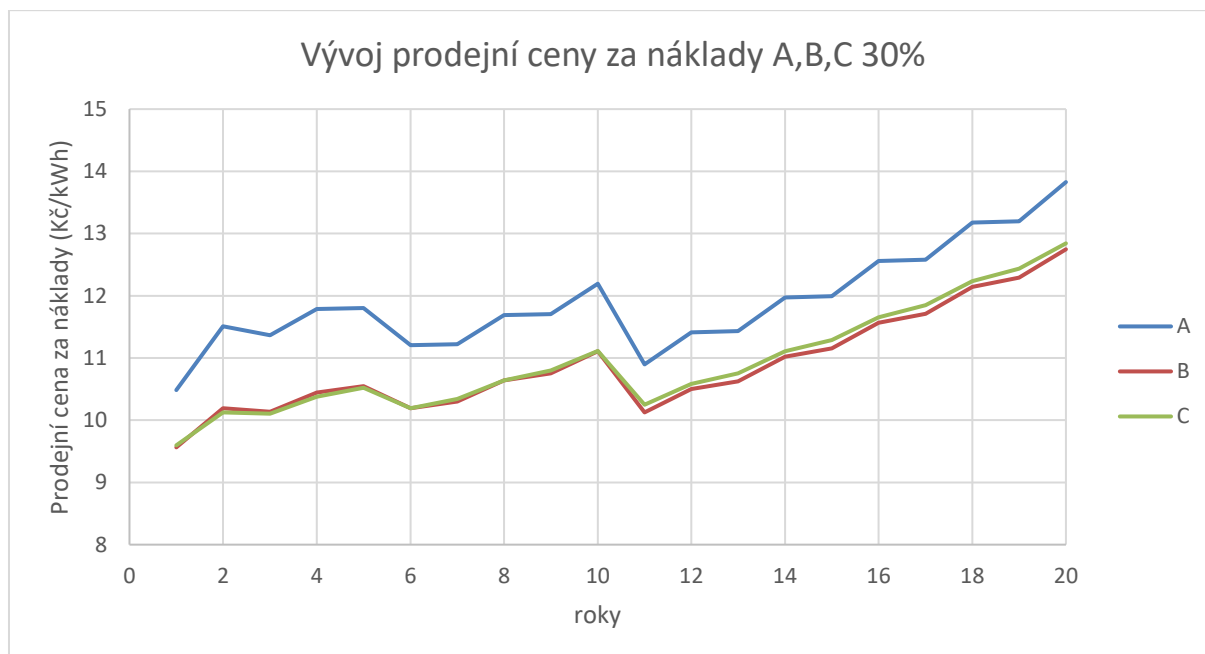
každou variantu uvedena celková spotřeba dobíjecích stanic za rok. Pro každou variantu a vytížení instalace DoS jsem vypočetl výši NPV při počáteční prodejní marži ve výši 1 Kč/kWh, navyšované každý rok o inflaci. Dále jsem vypočetl výdajové NPV a pro lepší porovnání variant ho uvádím ještě vydělené počtem dobíjecích bodů, jako výdajové NPV na jeden dobíjecí bod. Dalším posuzovaným parametrem je počáteční výše prodejní ceny za náklady (včetně DPH a provize) v roce 2023 a její průměrná meziroční eskalace v průběhu životnosti dobíjecí stanice. Dále uvádím ještě celkové investiční náklady (Ni) na 1 prodanou kWh za celou dobu životnosti. V následující tabulce je opět uveden přehled všech variant.

	Vytížení	15%	30%	50%	70%
	Dobití/bod/rok	216	432	720	1008
A 2x22kW	NPV	21	82	163	244 tis. Kč
	Výdajové NPV	1397	1968	2729	3490 tis. Kč
	Výdajové NPV/bod	699	984	1365	1745 tis. Kč
	Cena za náklady	14,72	10,48	8,79	8,06 Kč/kWh
	Eskalace	1,45	1,56	1,66	1,72 %
	Ni na 1 kWh za Tž	1,32	0,66	0,40	0,28 Kč/kWh
B 4x22kW	NPV	57	178	341	505 tis. Kč
	Výdajové NPV	2439	3580	5102	6624 tis. Kč
	Výdajové NPV/bod	610	895	1276	1656 tis. Kč
	Cena za náklady	12,88	9,56	8,24	7,67 Kč/kWh
	Eskalace	1,43	1,58	1,69	1,75 %
	Ni na 1 kWh za Tž	1,04	0,52	0,31	0,22 Kč/kWh
C 6x22kW	NPV	92	274	519	765 tis. Kč
	Výdajové NPV	3669	5382	7665	9948 tis. Kč
	Výdajové NPV/bod	612	897	1277	1658 tis. Kč
	Cena za náklady	12,95	9,60	8,26	7,68 Kč/kWh
	Eskalace	1,43	1,58	1,70	1,76 %
	Ni na 1 kWh za Tž	0,96	0,48	0,29	0,21 Kč/kWh

Tab.15: Ekonomické zhodnocení variant veřejné dobíjecí stanice

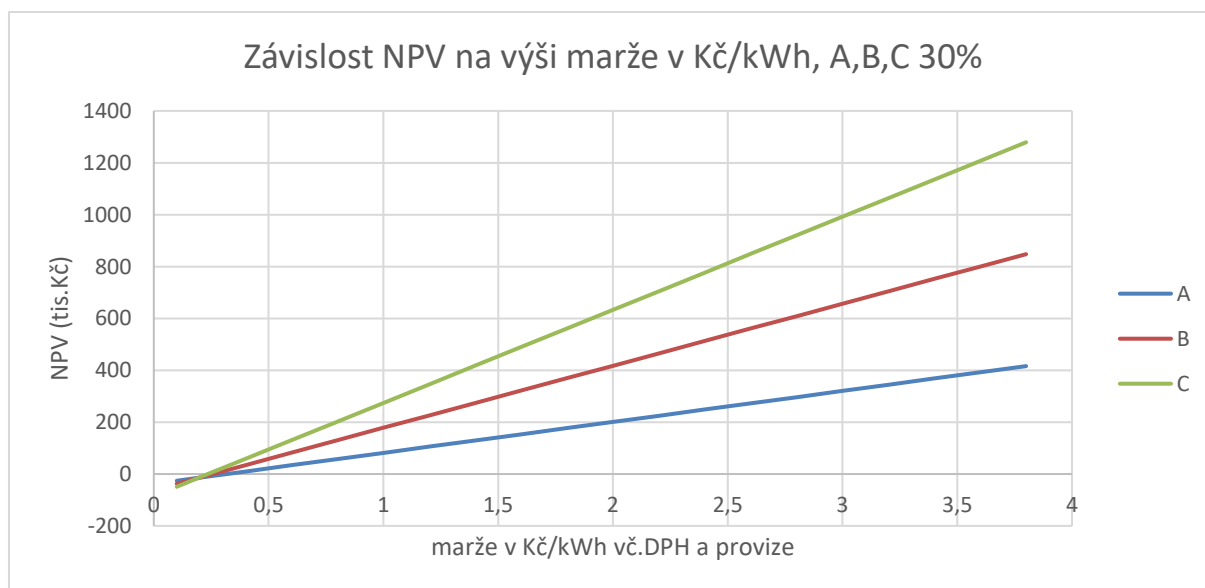
Ze zhodnocení je patrné, že ve všech variantách s rostoucím vytížením stanice klesá cena za náklady, minimální výše marže i investiční náklady na 1 kWh. Prodejní cena za náklady je u variant s vyšším vytížením na začátku výrazně nižší, ale v průběhu životnosti eskaluje více u variant s vyšším zatížením. Čistá současná hodnota NPV vychází nejvyšší vždy u varianty C. Výdajové NPV na jeden dobíjecí bod vychází nejhůře u varianty A. Nejlépe (nejnižší) vychází vždy u varianty B, nicméně varianty B a C jsou z tohoto pohledu srovnatelné. Investiční náklady na 1 kWh za dobu životnosti jsou nejnižší vždy u varianty C. To je dáno především úsporami z rozsahu při budování větší instalace DoS. Investiční náklady obsahují mnoho fixních položek, které nezávisí na počtu osazených dobíjecích bodů. S rostoucím vytížením dobíjecích stanic se však i u první varianty investiční náklady na 1 kWh značně snižují a v porovnání s minimální prodejní cenou za náklady jsou velmi nízké až zanedbatelné už při 30% zatížení.

Pro realistickou variantu vytížení stanice na úrovni 30 % maximálního vytížení vychází minimální prodejní cena za náklady u varianty A 10,48 Kč/kWh, B 9,56 Kč/kWh a C 9,6 Kč/kWh. Z hlediska výše minimální prodejní ceny za náklady je tedy nejlepší varianta B. Varianta C je však s variantou B srovnatelná. Nejvyšší prodejní cena za náklady je u varianty A. Tyto rozdíly jsou dány různou výší regulovaných plateb, fixní platbou za rezervovaný příkon a různými investičními náklady.



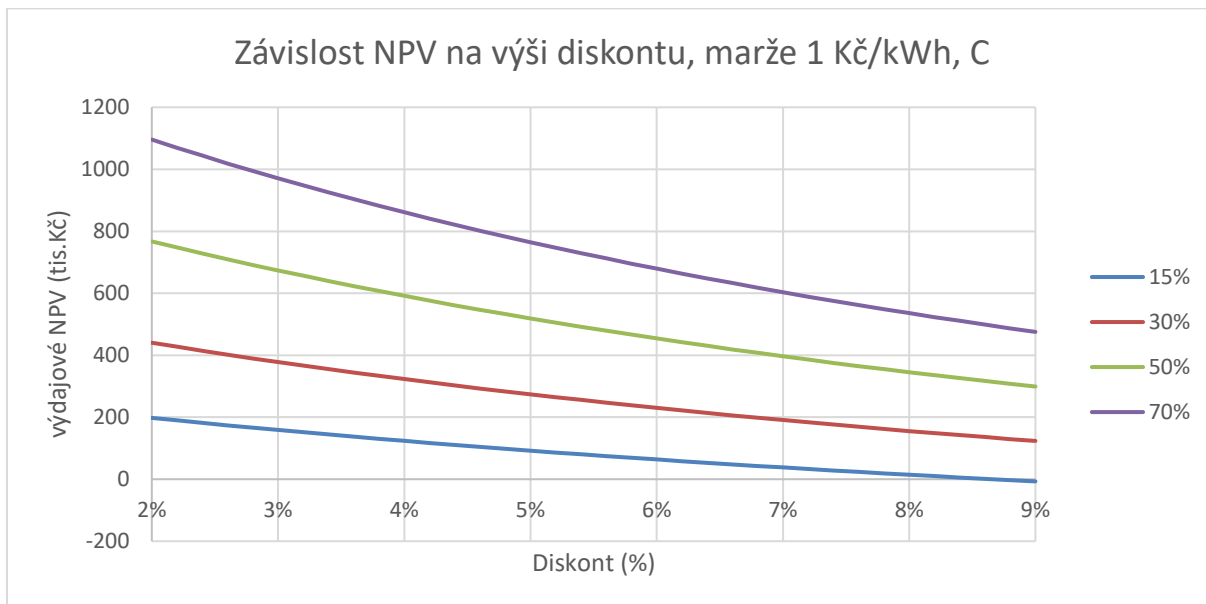
Graf 2: Vývoj prodejní ceny za náklady A,B,C 30%

V grafu výše je zobrazen vývoj prodejních cen za náklady (včetně DPH a provize) při vytížení 30 % pro varianty A,B,C. Prodejní cena za náklady v průběhu životnosti roste a kolísá vlivem různé výše odpisů a dalších nákladů.



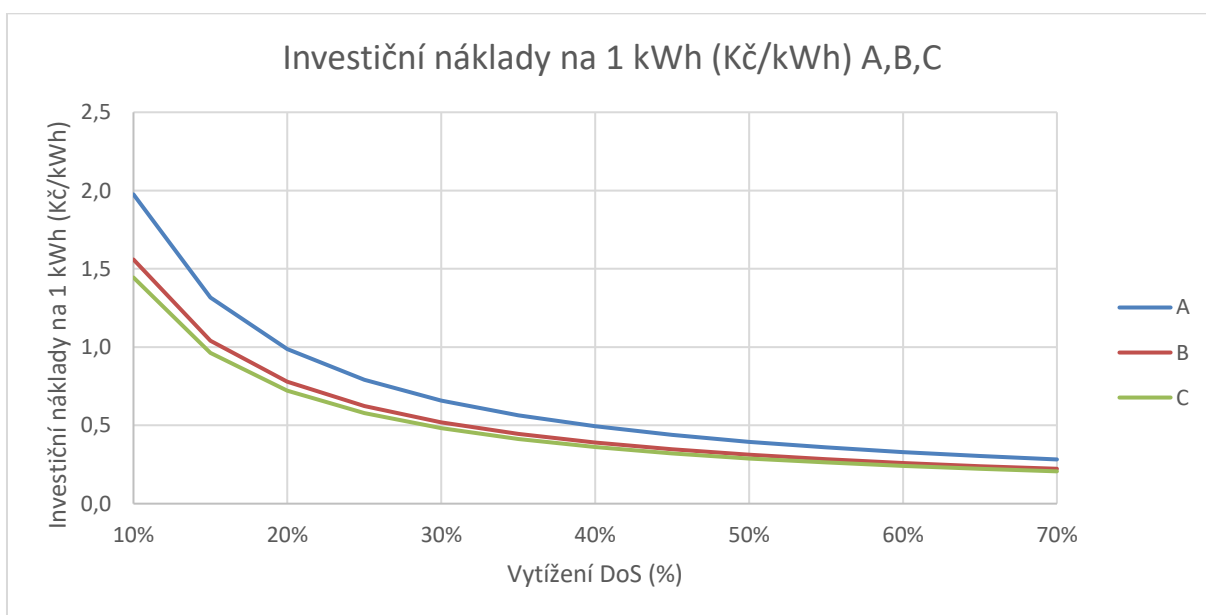
Graf 3: Závislost NPV na výši marže v Kč/kWh, A,B,C 30%

V grafu výše je znázorněna závislost NPV na výši prodejní marže v Kč/kWh (včetně DPH a provize) při vytížení stanice 30%. Tato marže je přičítána k prodejní ceně za náklady a každý rok je eskalována podle průměrné meziroční eskalace prodejní ceny za náklady. Z grafu je patrné, že při stejné výši prodejní marže můžeme dosáhnout nejvyššího NPV vždy ve variantě C. Naopak nejnižšího NPV dosahujeme vždy ve variantě A. Například při marži ve výši 2 Kč/kWh můžeme dosáhnout NPV ve výši 200 tis. Kč ve variantě A, 417 tis. Kč ve variantě B a 633 tis. Kč ve variantě C.



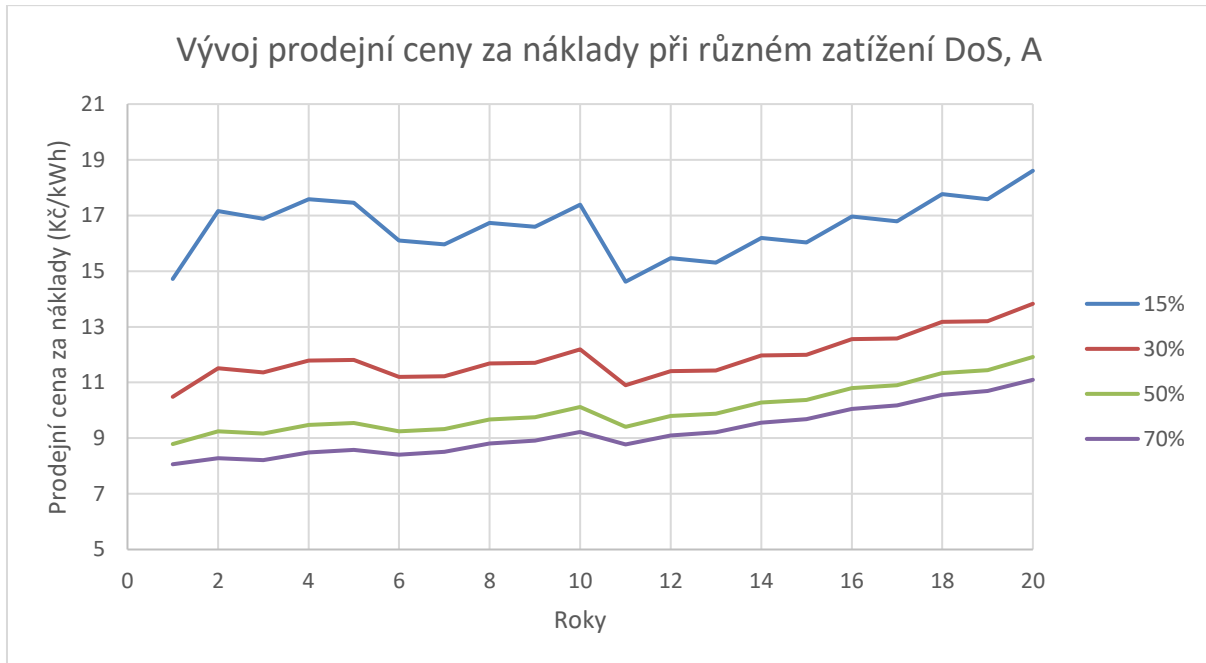
Graf 4: Závislost NPV na výši diskontu, prodejní marže 1 Kč/kWh, varianta C

V grafu výše jsem provedl citlivostní analýzu výše NPV v závislosti na zvoleném diskontu pro variantu C, při počáteční výši prodejní marže 1 Kč/kWh. Ve své práci jsem zvolil diskont investora ve výši 5%. Z grafu je patrné, že při nižším diskontu NPV roste a při vyšším diskontu naopak klesá.

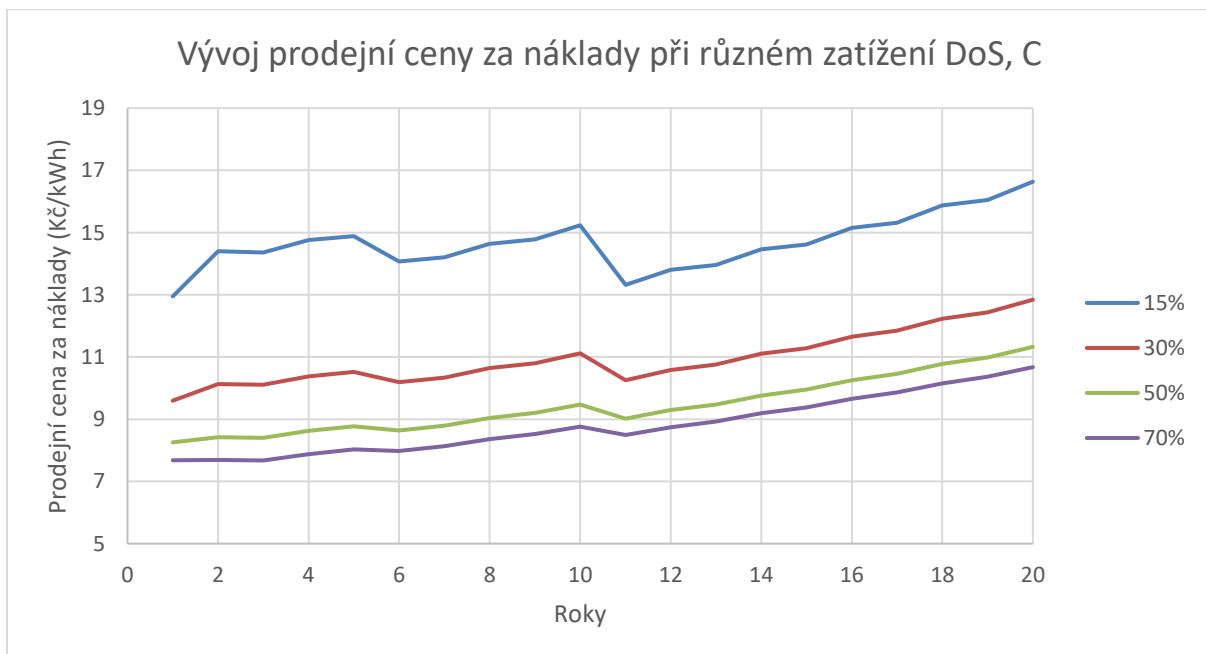


Graf 5: Investiční náklady na 1kWh (Kč/kWh) A,B,C

V grafu výše je zobrazena závislost investičních nákladů na 1 kWh za Tž v Kč/kWh na vytížení instalace DoS. Z grafu je patrné, že při nízkém vytížení instalace DoS náklady významně rostou. Naopak při vysokém vytížení klesají hluboko pod 0,5 Kč/kWh a vzhledem k minimální prodejní ceně za náklady jsou velmi nízké až zanedbatelné.



Graf 6: Vývoj prodejní ceny za náklady při různém zatížení DoS, A

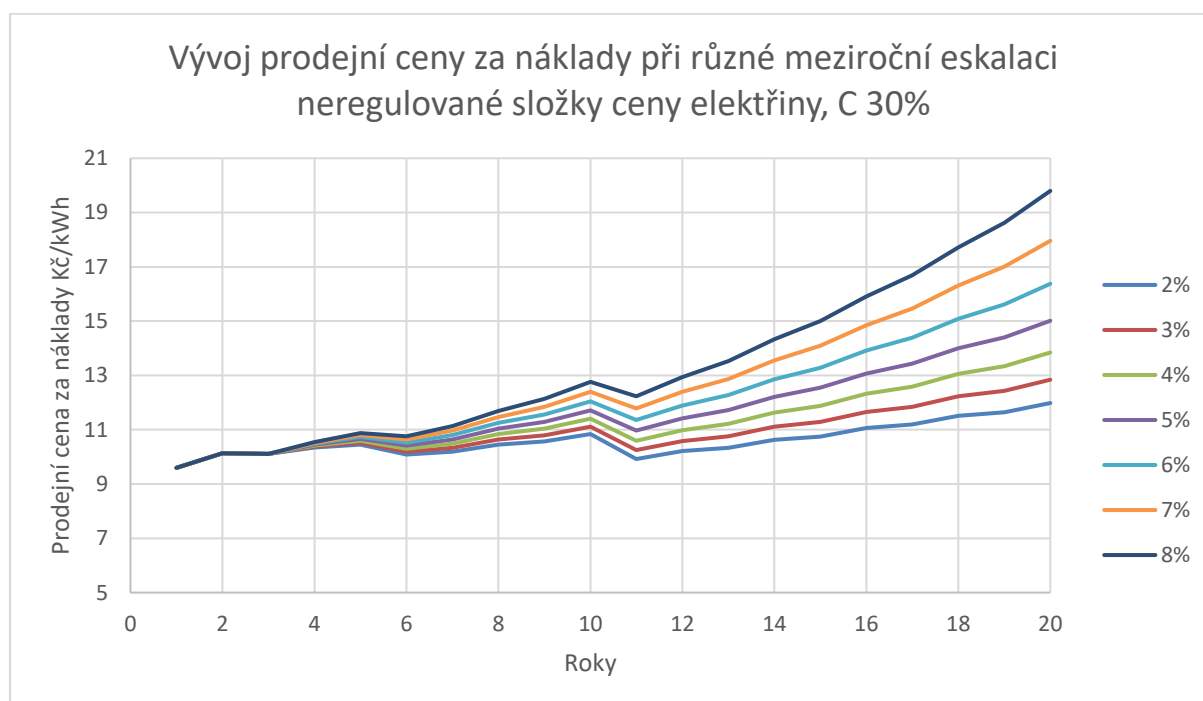


Graf 7: Vývoj prodejní ceny za náklady při různém zatížení DoS, C

Ve dvou grafech výše je uvedeno srovnání vývoje prodejní ceny za náklady (včetně DPH a provize) pro varianty A a C. V každém z grafů jsou zobrazeny čtyři průběhy prodejní ceny za náklady při čtyřech úrovních vytížení. Mezi průběhy jsou poměrně velké rozdíly. Například prodejní cena za náklady ve

variantě C při nejnižším 15% vytížení je až o čtvrtinu vyšší (tj. o cca 4 Kč/kWh) než při 30% zatížení. Průběhy minimální prodejní ceny při 30%, 50% a 70% vytížení instalace DoS se již liší méně, řádově o 1 - 2 Kč/kWh. U variant s nižším vytížením jsou znatelnější reakce na ukončení jednotlivých odpisových období a na jednorázové revize, případně další nepravidelné výdaje. Mezi oběma variantami A a C jsou největší rozdíly při nižším vytížení. S rostoucím vytížením instalace DoS se rozdíly zmenšují.

V současné době panuje značná nejistota v očekávaném vývoji neregulované složky ceny elektřiny. Ve svém modelu do konce roku 2025 vycházím z cen futures kontraktů a od začátku roku 2026 očekávám meziroční eskalaci neregulované složky elektrické energie ve výši 3 % (0,5 % nad očekávanou výši inflace). Prodejní cena za náklady by se tak udržela pod hranicí 13 Kč/kWh. Do roku 2042 tedy očekávám nárůst ceny o 65 % oproti roku 2025. V následujícím grafu provedu citlivostní analýzu vývoje prodejní ceny za náklady při různé výši eskalace neregulované složky ceny EE.



Graf 8: Vývoj prodejní ceny za náklady při různé meziroční eskalaci neregulované složky ceny EE, C 30%

V grafu výše je naznačen vývoj prodejní ceny za náklady při různé výši (2 – 8 %) meziroční eskalace ceny neregulované složky elektrické energie ve VT a v NT od začátku roku 2026. Do konce roku 2025 vycházím z aktuálních cen futures kontraktů. Uvedený graf platí pro variantu C při 30% očekávaném vytížení instalace DoS.

Při nejvyšší uvažované eskalaci ve výši 8 % roste prodejní cena za náklady nad 19 Kč za kWh v roce 2042. Očekávám, že by se prodejní cena za náklady měla do roku 2042 udržet pod 15 Kč/kWh. To odpovídá průměrné meziroční eskalaci neregulované složky ceny EE pod 5 % a zdražení elektrické energie do roku 2042 maximálně o 129 % oproti roku 2025. Vyšší zdražení už by dost pravděpodobně způsobilo značný útlum elektromobility a snížilo by vytížení instalace DoS.

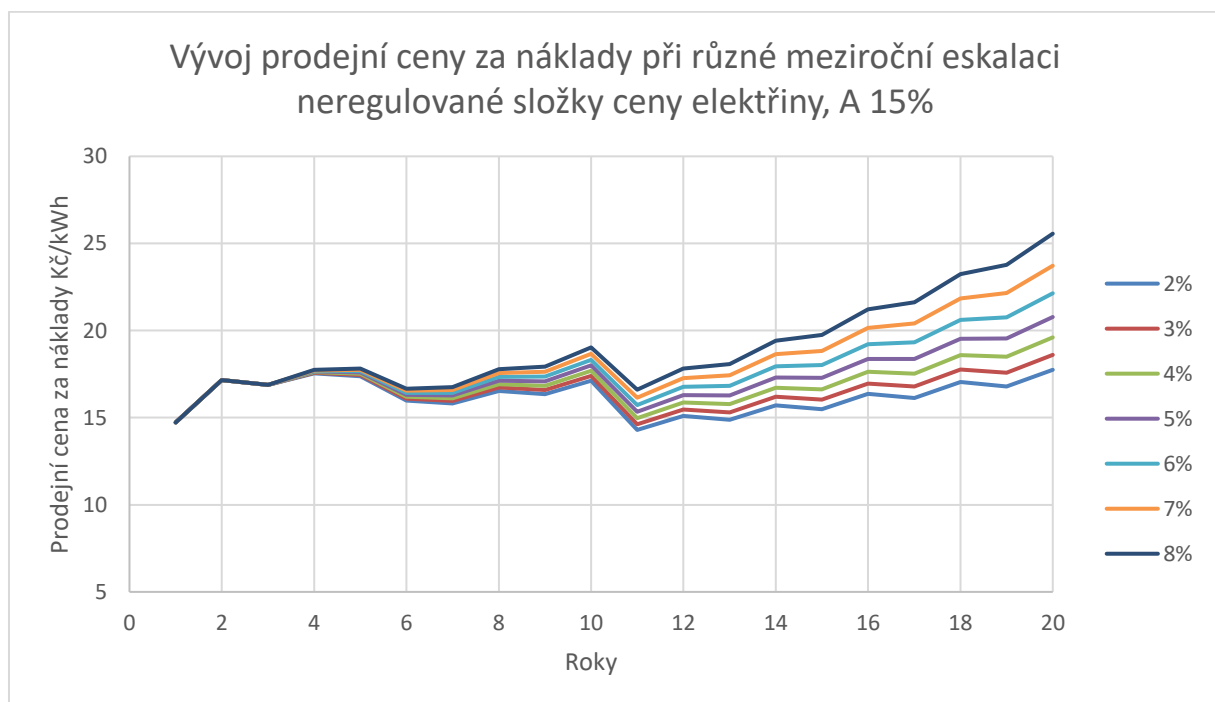
Pro doplnění ještě uvádím přehledovou tabulku možné velikosti nárůstu výše neregulované složky ceny elektřiny. Například 3% meziroční eskalace neregulované ceny EE znamená v roce 2042 nárůst ceny o 65 % oproti roku 2025.

Eskalace nereg. ceny EE	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	%
Cena EE ve VT v roce 2042	4481	5289	6233	7334	8617	10108	11840	Kč/MWh
Nárůst oproti roku 2025	40%	65%	95%	129%	169%	216%	270%	%

Tab.16: Přehledová tabulka eskalací neregulované složky ceny EE

V tabulce výše je pro každou úroveň průměrné meziroční eskalace neregulované ceny EE uvedena konečná cena v Kč/MWh za elektřinu ve VT v roce 2042 a v řádku níže je v procentech vyjádřen nárůst ceny oproti ceně z roku 2025 vypočtené na základě futures kontraktů. Tučně označená hodnota v tabulce je výchozí pro moji práci.

Pro srovnání zde uvádím vývoj prodejní ceny za náklady pro variantu A při vytížení 15 %, což je nejméně příznivá kombinace varianty a vytížení. V této variantě se prodejní cena za náklady pohybuje v rozmezí 18 - 21 Kč/kWh při eskalaci neregulované složky ceny EE do 5 %. Při takto vysoké ceně za kWh by o dobíjení pravděpodobně nebyl žádný zájem.



Graf 9: Vývoj prodejní ceny za náklady při různé meziroční eskalaci neregulované složky ceny elektřiny, A 15%

9.2 Soukromá dobíjecí stanice

Dále provedu ekonomické zhodnocení dvou uvažovaných variant soukromého dobíjení v uvedených konstantních úrovních vytížení v procentech maximálního vytížení. Vytížení soukromé dobíjecí stanice závisí na tom, jak intenzivně bude majitel elektromobilu jezdit. Z toho důvodu jsem zhodnocení udělal o něco podrobnější než u veřejného dobíjení, odstupňované po 15 %. Při soukromém dobíjení lze

reálně dosáhnout vyššího využití DoS na úrovni 60 % i více. Maximální vytížení dobíjecího bodu je stanoveno na 1 dobítí za den (1x noční), tedy 360 dobítí za rok na jeden dobíjecí bod. Pro každou úroveň zatížení je nahoře v tabulce uvedeno, kolik dobítí připadá na jeden dobíjecí bod za rok.

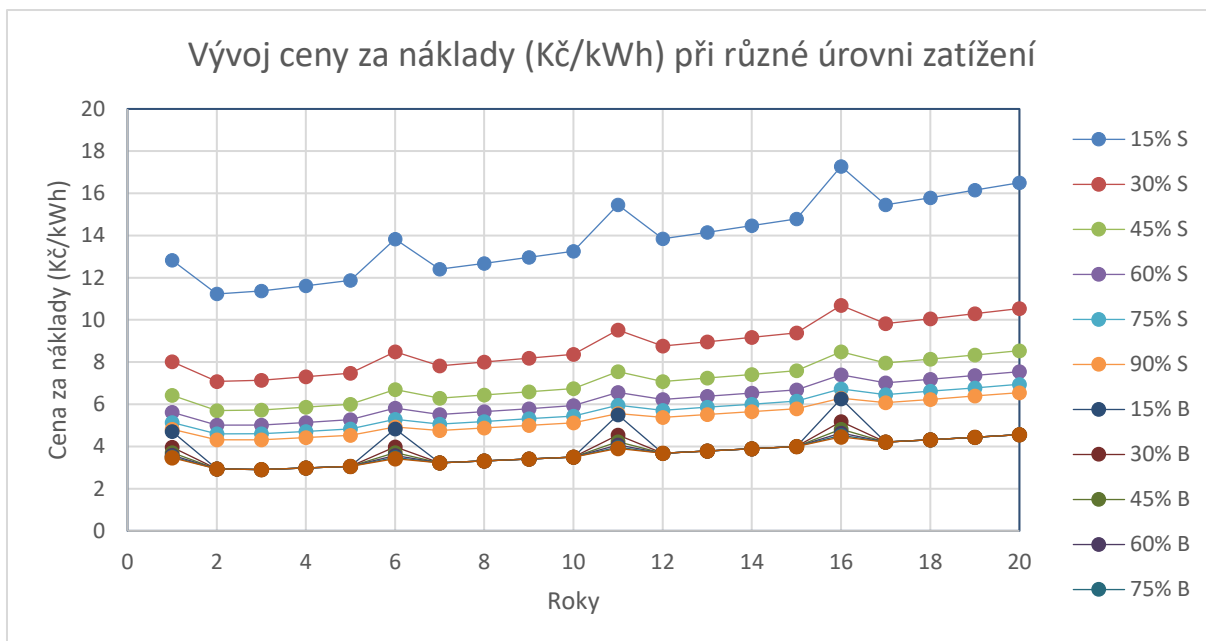
Podobně jako u soukromé instalace DoS počítám pro každou variantu a vytížení stanice výdajové NPV, dále cenu za náklady, její průměrnou eskalaci a investiční náklady na 1 kWh za dobu životnosti. Cena za náklady v tomto případě není prodejní. Je to cena, kterou soukromý uživatel skutečně zaplatí na fakturách za elektřinu při daném vytížení stanice. Pro každou úroveň vytížení uvádím v tabulce počet dobítí za rok a spotřebu elektřiny v NT za rok. Tyto údaje platí vždy pro celý sloupec, neboť obě varianty mají pouze jeden dobíjecí bod.

	Vytížení	15%	30%	45%	60%	75%	90%	%
	Dobítí/rok	54	108	162	216	270	324	dobítí
	Spotřeba/rok (v NT)	1,62	3,24	4,86	6,48	8,1	9,72	MWh/rok
D samostatná	NPV výdajové	323	393	463	534	604	674	tis.Kč
	Cena za náklady	12,83	8,02	6,42	5,62	5,14	4,82	Kč/kWh
	Eskalace	1,68	1,68	1,69	1,70	1,72	1,73	%
	Ni na 1 kWh	1,58	0,79	0,53	0,39	0,32	0,26	Kč/kWh
E byt	NPV výdajové	115	185	255	326	396	466	tis.Kč
	Cena za náklady	4,71	3,96	3,71	3,59	3,51	3,46	Kč/kWh
	Eskalace	3,37	1,89	1,68	1,65	1,65	1,66	%
	Ni na 1 kWh	1,14	0,57	0,38	0,29	0,23	0,19	Kč/kWh

Tab.17: Ekonomické zhodnocení variant soukromé dobíjecí stanice

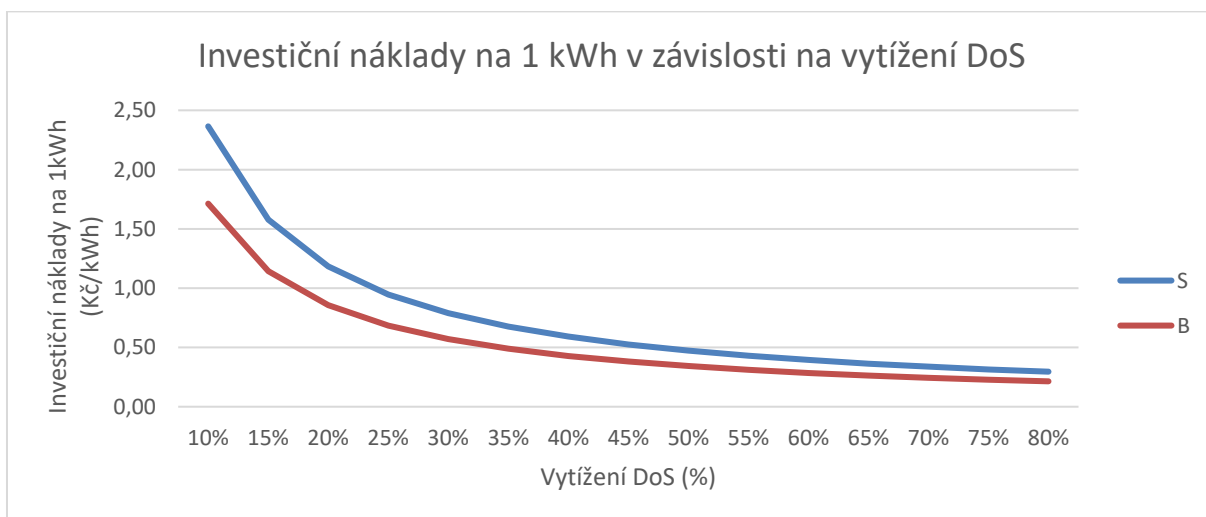
Z tabulky je patrné, že zcela nejvýhodnější variantou je připojení soukromé DoS do bytové rozvodnice (varianta E). Varianta vychází velmi dobře, a to i při minimálním využití stanice. U DoS připojené na byt nezapočítávám do ceny dobíjení fixní náklady za elektřinu, které už byt stejně tak jako tak platí. Cena za náklady je tak dokonce téměř nezávislá na vytížení DoS. Varianta D je nevýhodná při nízké úrovni využití. Významněji se zde projevují fixní provozní náklady a počáteční investice. Cena za náklady je velmi závislá na vytížení stanice. Varianta D začíná být ekonomicky výhodná až při vytížení DoS alespoň 45 % a vyšším.

V následujícím grafu je znázorněný vývoj ceny za náklady v průběhu životnosti. Na rozdíl od veřejné dobíjecí stanice zde uvažuji pouze cenu elektřiny v nízkém tarifu. Ve VT je DoS blokována.



Graf.10: Vývoj ceny za náklady (Kč/kWh) při různé úrovni zatížení

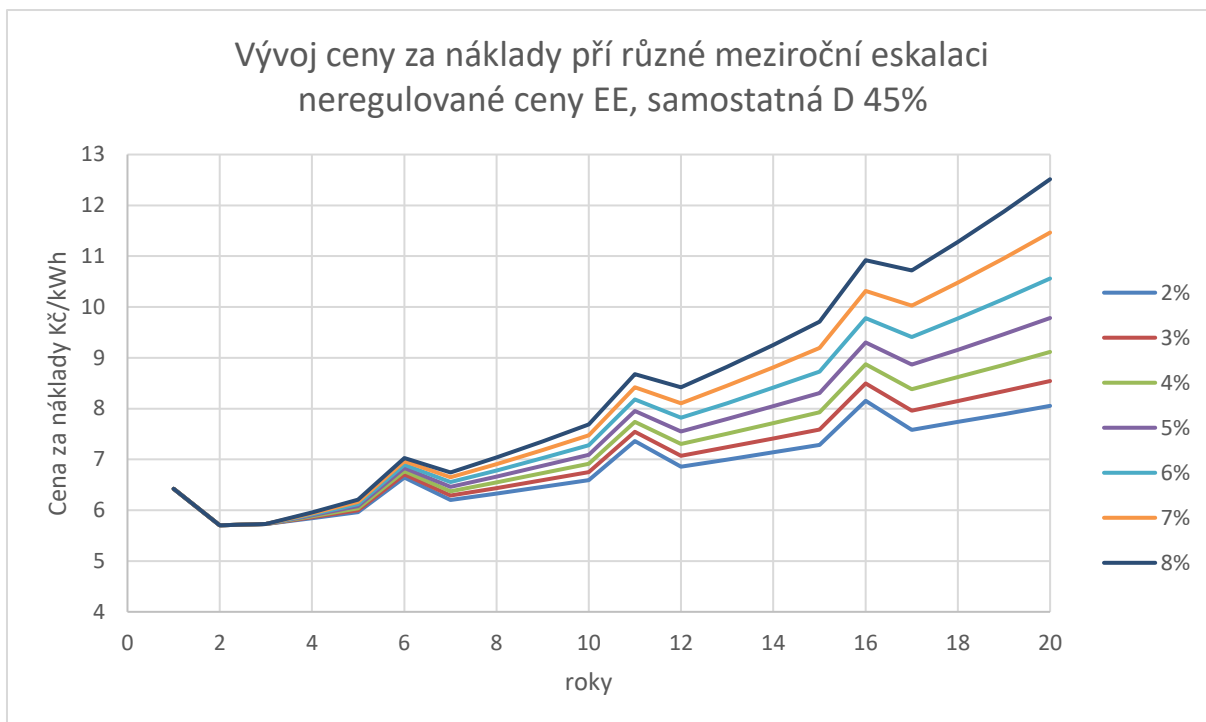
Graf názorně ukazuje, že v případě soukromé dobíjecí stanice, připojené na byt (B) je cena za náklady v podstatě nezávislá na zatížení dobíjecí stanice a průběhy se překrývají. Fixní náklady za elektřinu už majitel platí v rámci užívání bytu a nemusí je rozpočítávat do ceny dobíjení. Cenu za náklady u samostatně připojené DoS (s) tlačí nahoru vysoké fixní náklady. Výkyvy v cenách jsou způsobeny pravidelnými náklady na revize po pěti letech.



Graf.11: Investiční náklady na 1kWh v závislosti na vytížení DoS

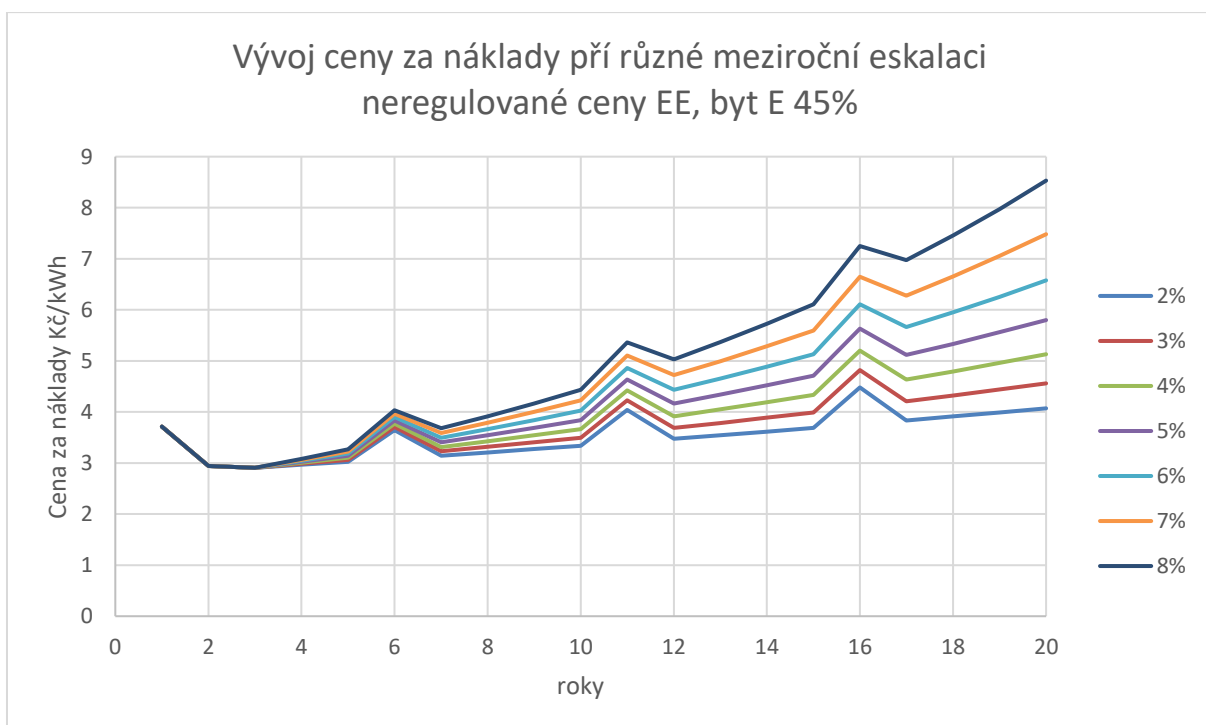
Z grafu výše je patrné, že investiční náklady na 1 kWh za Tž jsou v případě samostatné DoS (S) významnější než u DoS připojené na byt (B). Při nízkém využití stanice tyto náklady prudce rostou. U obou variant soukromé DoS jsou investiční náklady na 1 kWh vyšší než u variant veřejných DoS.

Podobně jako u veřejné DoS i zde zhodnotím vývoj ceny za náklady při různých úrovních eskalace neregulované složky EE do roku 2042. Zhodnocení provedu pro reálnou úroveň vytížení 45 %.



Graf.12: Vývoj ceny za náklady při různé meziroční eskalaci neregulované ceny EE, samostatná D 45%

V případě samostatně připojené soukromé DoS se cena za náklady při 8% meziroční eskalaci neregulované složky EE může dostat nad 11 Kč/kWh. Očekávám však, že by se měla udržet v rozmezí do 8 - 10 Kč/kWh což odpovídá eskalaci neregulované složky EE do 5 %.



Graf.13: Vývoj ceny za náklady při různé meziroční eskalaci neregulované ceny EE, byt E 45%

Dobíjecí stanice připojená na byt opět dosahuje velmi příznivé ceny za náklady. Při 8% meziroční eskalaci neregulované složky EE se cena za náklady může dostat až nad 8,5 Kč/kWh. Očekávám však, že by se měla udržet v rozmezí 4 - 6 Kč/kWh, což je velmi dobrá cena.

10 Závěrečné zhodnocení

Prvním cílem diplomové práce bylo provést analýzu rozvoje elektromobility v centru Prahy a popsat místní specifika, normy a právní předpisy. Druhým cílem bylo navrhnout instalaci dobíjecích stanic a ekonomicky ji zhodnotit.

Rozvoj elektromobility je v současné době tlačěn především novou legislativou Evropské unie a snahou automobilových společností o zachování konkurenceschopnosti. Nic nenasvědčuje tomu, že by v blízké budoucnosti mělo dojít k útlumu tohoto rozvoje. Elektromobily mají největší potenciál ve velkých městech a v příměstských oblastech pro pravidelné cestování na krátké vzdálenosti jako druhé auto do rodiny. V úvodu jsem popsal základní nedostatky elektromobilů, které z velké části souvisejí s bateriemi. Baterie jsou drahé, mají nízkou životnost a kapacitu, jsou obtížně vyměnitelné, pracují při vysokém napětí a jsou extrémně hořlavé. Dalším problémem jsou značné ztráty energie při dobíjení a rostoucí ceny elektrické energie, které zvyšují palivové náklady elektromobilů.

Ve druhé kapitole jsem analyzoval současný stav infrastruktury pro dobíjení elektromobilů v Praze. Na základě poskytnutých dat od PRE Distribuce a.s. jsem provedl analýzu vytížení vybraných dobíjecích stanic v Praze a zjistil jsem, že jsou dobíjecí stanice v současné době velmi málo využité a jsou mezi nimi značné rozdíly v počtech dobití i v množství dodané energie. Vytížení referenční dobíjecí stanice bylo přibližně 28 % dle méj metodiky. Dále jsem porovnal různé tarify veřejného AC dobíjení. Cena dobíjení se pohybuje kolem 6 - 8 Kč/kWh, v některých případech však uživatel musí platit ještě měsíční paušál nebo časovou platbu za dobíjení. Provedl jsem srovnání dostupných elektromobilů v cenové kategorii do 1,1 mil. Kč. Reálné dojezdy elektromobilů se pohybovaly nejčastěji kolem 250 km, kapacita baterie 40 - 70 kWh a výkony palubních nabíječek v rozmezí 7,2 - 11 kW.

Pro instalaci DoS jsem vybral lokalitu v blokové zástavbě činžovních domů v katastrálním území Praha Holešovice. V dané lokalitě je dle předpisů možné umístit pouze pomalé AC dobíjecí stanice, z toho důvodu v návrhu neuvažuji žádné DC rychlodobíjecí stanice. Zřízení a provoz DoS upravuje mnoho technických a stavebních norem. Mezi nejdůležitější požadavky patří zachování kvality a funkčnosti veřejného prostranství, ponechání 2 m průchozí šířky chodníku, respektování omezení kvůli existujícím inženýrským sítím, splnění všech technických norem ČSN pro zajištění bezpečnosti a provádění pravidelných revizí elektro.

V páté kapitole jsem provedl podrobný technický popis lokality. Na základě analýzy současného stavu distribuční sítě jsem zjistil, že varianty A, D a E lze realizovat bez větších zásahů do distribuční sítě a výměny přívodních kabelů od trafostanice. Naopak varianty B a C vyžadují natažení nového přívodu z trafostanice. Úpravy distribuční sítě jsou plně v režii PRE Distribuce a.s., která je na základě požadavků a dlouhodobých cílů plánuje a financuje. Dále jsem popsal místo umístění dobíjecích stanic a stav elektroinstalace v uvažovaném bytovém domě. Na HDV lze připojit pouze soukromé DoS ve variantách D a E, pro veřejné DoS má HDV příliš malý průřez a bude nutné zřídit nové OM se samostatnými nožovými pojistkami. Zřízení FVE i bateriového úložiště jsem zavrhl kvůli legislativním omezením, technickým problémům a nízké ekonomické výhodnosti. Rovněž dále neuvažuji ani variantu zřízení jednotného odběrného místa, neboť se jedná o nesystémové řešení.

V šesté kapitole jsem v pěti variantách udělal návrh instalace dobíjecích stanic. Ve třech variantách A, B a C jsem navrhl instalaci 1, 2 a 3 veřejných AC sloupkových dobíjecích stanic o výkonu 2x22 kW a ve dvou variantách D a E, instalaci soukromé AC dobíjecí stanice (wallboxu) pro soukromé dobíjení o výkonu 1x11 kW. Veřejné AC dobíjecí stanice jsou provozovány komerčně a jsou dostupné pro širokou veřejnost. Provozovatelem instalace DoS je majitel bytového domu a provozuje je za účelem dosažení zisku. Za každé dobití zákazník platí pomocí speciálního platebního systému. Naopak soukromá dobíjecí stanice (wallbox) slouží výhradně jen majiteli domu pro dobíjení jeho vlastního elektromobilu a není provozována za účelem dosažení zisku.

Varianty soukromé a veřejné dobíjecí stanice nelze přímo porovnávat, neboť obojí slouží jinému účelu. Primárně jsem tedy mezi sebou porovnal zvláště varianty veřejného a zvláště varianty soukromého dobíjení. Při rozhodování mezi soukromou a veřejnou DoS záleží na prioritách majitele domu. Případně je možné varianty i zkombinovat. Kvůli prostorovým omezením v dané lokalitě se vylučuje zřízení varianty C současně s variantou D nebo E. Kombinace varianty A nebo B s variantou D nebo E je možná.

Abych mohl provést ekonomické zhodnocení, musel jsem odhadnout očekávané vytížení instalace DoS. Skutečný počet realizovaných dobití a množství dobité energie za dobu životnosti bylo však velmi obtížné predikovat a u veřejných DoS se jednalo v podstatě o zcela neznámý údaj. Výsledná hodnota je ovlivněna celou řadou neznámých faktorů, jako je budoucí počet uživatelů elektromobilů v dané lokalitě, změny legislativy pro parkování, kapacity baterií, nové technologie, ceny energií, cenová politika provozovatele, konkurence a další. Vytížení se navíc velmi pravděpodobně může v průběhu životnosti různě měnit. Pro zjednodušení jsem se rozhodl uvažovat konstantní vytížení instalace DoS a konstantní průměrné množství dobité energie při denním a nočním nabíjení po celou dobu životnosti. Průměrné množství dobité energie jsem stanovil na 11 kWh při denním dobíjení a 30 kWh při nočním dobíjení. Vyšel jsem z analýzy reálných dat od PRE Distribuce a.s., z údajů referenční dobíjecí stanice a ze současných velikostí baterií elektromobilů.

Vytížení dobíjecí stanice jsem určil procentem ze stanoveného maximálního vytížení dobíjecí stanice. Maximální vytížení jednoho dobíjecího bodu jsem pro veřejné DoS stanovil na 1 dobití v noci a tři dobití ve dne a pro soukromé DoS na 1 dobití v noci. Předpokládám, že denní dobíjení bude vždy ve VT a noční dobíjení vždy v NT. Na soukromé DoS bude v denních hodinách nabíjení ve VT blokováno. V ekonomickém modelu jsem posoudil všechny navržené varianty instalace DoS podle různého očekávaného konstantního vytížení v procentech, tedy dle očekávaného počtu dobití ve dne a v noci.

Uvedení do provozu ve všech variantách jsem uvažoval na začátku roku 2023. Všechny varianty jsem posoudil za očekávanou dobu životnosti 20 let. Během této doby jsem neuvažoval žádné opravy ani náklady spojené s technickou údržbou, kromě pravidelných revizí. Diskont majitele domu jsem počítal ve výši 5 %, daň z příjmu 19 % (právnícké osoby), sazbu DPH 21 % a meziroční inflaci 2,5 % (0,5 % nad dlouhodobým cílem ČNB). Majitel domu je plátcem DPH.

Eskalaci neregulované složky ceny EE jsem zvolil 3 % (0,5 % nad inflaci) a eskalaci regulované složky EE jsem zvolil 2 % (0,5 % pod inflaci), ostatní provozní náklady jsem eskaloval dle výše meziroční inflace 2,5 %. Složky ceny elektrické energie ve vybraných tarifech jsou podrobně rozepsány výše. U veřejné DoS jsem uvažoval ještě 3 % marži z realizovaného objemu plateb a roční platbu 1200 Kč/dobíjecí bod pro poskytovatele rezervačního a platebního systému. Ve výpočtu jsem neuvažoval platbu za pronájem veřejného pozemku ve vlastnictví města. Všechny uvedené výsledky platí pouze při současné tarifní struktuře a při současném rozdělení jednotlivých složek ceny elektrické energie.

10.1 Veřejná dobíjecí stanice

Veřejnou instalaci DoS jsem navrhl s využitím oboustranných AC dobíjecích sloupků 2x22 kW. Jednotlivé varianty A, B a C se liší počtem těchto sloupků. V dané lokalitě je možné umístit až tři tyto sloupky, proto jsem posoudil varianty instalace jednoho, dvou a tří těchto sloupků. Každý dobíjecí sloupek je připojený jako samostatná jednotka a je integrován do rezervačního a platebního systému.

Na základě ekonomického zhodnocení bych investorovi doporučil realizovat variantu C. V realistické variantě vytížení DoS na úrovni 30 % max. vytížení vychází prodejní cena za náklady přibližně 9,6 Kč/kWh s průměrnou meziroční eskalací 1,58 % u obou variant. V optimistické variantě 50 % vytížení se prodejní cena za náklady snižuje na 8,25 Kč/kWh s eskalací 1,7 % pro C i B. Při stejné výši prodejní marže k prodejní ceně za náklady lze nejvyššího NPV dosáhnout vždy ve variantě C. Pro maximalizaci zisku je tedy výhodné zvolit variantu C. Výdajové NPV vychází v poměru k počtu dobíjecích bodů nejnižší vždy u varianty B, nicméně varianty B a C jsou z tohoto pohledu srovnatelné. Z hlediska investičních nákladů na 1 kWh za dobu životnosti vychází nejlépe varianta C s nejnižšími náklady.

10.2 Soukromá dobíjecí stanice

Zřízení soukromé dobíjecí stanice jsem zhodnotil ve dvou variantách. Ve variantě D je DoS (wallbox) napájena z nově zřízeného OM a ve variantě E je DoS napájena z bytové rozvodnice. Ve variantě E jsem uvažoval úsporu všech fixních nákladů za elektřinu, neboť tyto náklady stejně již uživatel platí v souvislosti s provozováním bytu. Díky připojení na byt je cena elektřiny za náklady v podstatě nezávislá na úrovni vytížení stanice a je velmi nízká. Při 30% vytížení je cena za náklady ve variantě E necelé 4 Kč/kWh a ve variantě D je to o polovinu více (8 Kč/kWh). Při vyšším vytížení se rozdíl v ceně za náklady mezi variantami snižuje. Výdajové NPV vychází výrazně nižší vždy pro variantu E. Pokud je to technicky možné, jednoznačně tedy doporučuji realizovat variantu E. Cena za náklady u soukromé DoS oproti veřejné vychází výrazně nižší především kvůli odběru elektřiny pouze v NT.

10.3 Doporučení

Pokud PREDi povolí a technicky zajistí zřízení nového OM s jističem minimálně 3x100 A, doporučuji majiteli domu realizaci veřejné instalace DoS v největším možném rozsahu dle varianty C. Ve variantě C dochází při přípravě a samotné realizaci stavby k velkým úsporám z rozsahu a zároveň dojde k maximálnímu využití potenciálu dané lokality. Případné rozšiřování počtu dobíjecích stanic v budoucnu s sebou přináší značné náklady navíc. Z ekonomického pohledu lze ve variantě C dosáhnout při stejné prodejní marži vždy nejvyššího NPV ze všech posuzovaných variant. Aktuální rozvoj městské elektromobility ukazuje na to, že zájemců o dobíjení bude do budoucna přibývat. Nehledě na to, že tato instalace DoS bude jednou z prvních svého druhu v dané lokalitě a nebude mít v podstatě žádnou přímou konkurenci. Realizace varianty C vylučuje zřízení soukromé dobíjecí stanice, nicméně celkový užitek z veřejné DoS bude vyšší než ze soukromé.

Pokud není možné zřídit nové OM s tak velkým rezervovaným příkonem, doporučuji realizovat variantu B i za cenu, že bude hlavní jistič výrazněji poddimenzovaný. Nejnižší možná hodnota hlavního jističe, při které je ještě možné realizovat veřejnou instalaci DoS je 3x40 A. Pokud majitel domu aktivně využívá vlastní elektromobil, doporučuji při realizaci menší instalace veřejné DoS ve variantách B nebo A zřídit ještě soukromou dobíjecí stanici (wallbox) ve variantě E (napájenou z bytové rozvodnice). Všechna uvedená doporučení a výpočty platí při současné tarifní struktuře a při současné struktuře složek ceny elektrické energie.

10.4 Diskuse

Důraz na ochranu životního prostředí a udržitelnost bude pravděpodobně přetrvávat i v dalších letech a s tím bude vyvíjen tlak i na udržitelnou mobilitu. Pokud nedojde k zásadním průlomům v nových technologiích (např.: vyměnitelné baterie nebo syntetická paliva), bude nutné postupně vybudovat kvalitní infrastrukturu dobíjecích stanic pro elektromobily. Při větším rozšíření elektromobility vidím potenciálně největší omezení v kapacitách distribučních sítí. Rozšiřování a obnova sítí v zastavěném území je velice nákladná a probíhá pomalu. Jedna veřejná AC dobíjecí stanice má navíc rezervovaný příkon srovnatelný s bytovým domem. Při současném tempu obnovy sítí a při výraznějším rozšíření elektromobility lze očekávat značný nedostatek kapacity distribuční sítě a zamítání nových žádostí o budování dalších OM a DoS.

Největším argumentem proti investici je možný pomalejší rozvoj elektromobility a hrozící nízká vytíženost DoS. V krajním případě může nízké vytížení instalace DoS vést k dosažení záporného NPV. Velkou hrozbou je také situace s parkováním. Pokud nebude vytvořena potřebná legislativa a regulace, budou moci lidé neúmyslně i úmyslně blokovat místa u dobíjecích stanic a znemožňovat dobíjení. Vzhledem k tomuto riziku je vhodné postavit co největší množství DoS a rozmístit je tak, aby mohly obsluhovat co nejvíce parkovacích míst. Případně k nim lze připojit také delší nabíjecí kabely. Magistrát již v současné době povoluje oficiální rezervovaná parkovací místa pro elektromobily, což může situaci s blokováním parkovacích míst vylepšit. Potenciálním rizikem může být také časté poškození DoS ve veřejném prostoru, například nárazem vozidla nebo vandalismem.

Jako riziko pro elektromobilitu vnímám současnou nejistotu na trzích s elektřinou a prudce rostoucí neregulovanou složku ceny EE. Růst cen elektřiny by mohl pro rozvoj elektromobility do budoucna znamenat veliký problém. V ekonomickém zhodnocení jsem proto provedl citlivostní analýzy na různou výši eskalace neregulované složky ceny elektřiny po roce 2025. Při nejvyšší uvažované 8 % meziroční eskalaci může prodejní cena za náklady na veřejné DoS (var. C) v roce 2042 dosáhnout výše 20 Kč/kWh (V nejhorší variantě až 25 Kč/kWh). U soukromé DoS pak může vzrůst cena za náklady na 12,5 Kč/kWh ve variantě D a na 8,5 Kč/kWh ve variantě E. Elektromobily mají proti sobě stále konkurenci v podobě konvenčních automobilů na benzin a na naftu. Pokud se cena dobíjení vlivem růstu cen elektřiny zvýší nad 13 Kč/kWh a cena ropy zůstane stejná, budou palivové náklady elektromobilu vyšší než u konvenčních vozů. Zvyšování cen elektřiny může působit jako brzda elektromobility.

Seznam literatury

- 1) Generel rozvoje dobíjecí infrastruktury v Hlavním městě Praze do roku 2030, OICT, červen 2020, [online]. Dostupné z: <https://operatorict.cz/wp-content/uploads/2021/02/Generel-rozvoje-dob%C3%ADjec%C3%AD-infrastruktury-v-HMP.pdf>
- 2) Seznam veřejných dobíjecích stanic, MPO [online]. Dostupné z: https://www.mpo.cz/cz/energetika/statistika/statistika-a-evidence-cerpacich-a-dobijecich-stanic/seznam-verejnych-dobijecich-stanic-_stav-k-30--6--2021--262915/
- 3) Vyhláška 268/2009 Sb Technické vybavení budov [online]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2009>
- 4) Strategie podpory alternativních pohonů v Praze do roku 2030, IPR Praha [online]. Dostupné z: https://www.iprpraha.cz/uploads/assets/dokumenty/usneseni_rady_hmp_c_538_verze_1.1.pdf
- 5) Dovolené zatížení kabelů [online]. Dostupné z: http://www.kabelyvodice.cz/technicka-podpora/tech_proud_zat.php
- 6) Podmínky připojení k distribuční soustavě, PRE Distribuce a.s. [online]. Dostupné z: <https://www.predistribuce.cz/cs/potrebuji-zaridit/zakaznici/pripojeni-k-distribucni-soustave/>
- 7) Regulátor nabíjení pro nabíjecí stanice elektromobilů, GHV Trading [online]. Dostupné z: https://www.ghvtrading.cz/novinky/novinka_cc612ev.html
- 8) Metodické doporučení Ministerstva vnitra – generálního ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, duben 2021 [online]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/metodicke-doporuceni-elektromobilita-a-pozarni-bezpecnost-staveb.aspx>
- 9) Časy spínání HDO na území PRE Distribuce, PRE Distribuce a.s., Dostupné z: <https://www.predistribuce.cz/cs/potrebuji-zaridit/zakaznici/stav-hdo/>
- 10) Třídění hmotného majetku do odpisových skupin, Portál Pohoda, [online]. Dostupné z: <https://portal.pohoda.cz/danove-a-financni-pravo/zakon-o-danich-z-prijmu/trideni-hmotneho-majetku-do-odpisovych-skupin/>
- 11) Dotační programy, Nová zelená úsporám (NZÚ) [online]. Dostupné z: <https://novazelenausporam.cz/>
- 12) Finanční a komoditní deriváty v praxi, Josef Jílek, 2. upravené vydání, Grada 2010, ISBN 978-80-247-3696-9
- 13) Zákon o daních z příjmů č. 586/1992 Sb. v platném znění [online]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-586>
- 14) Tabulka dovolených zatížení průřezů vodičů, Prakab [online]. Dostupné z: https://www.prakab.cz/upload/1_AYKY.pdf
- 15) Energetický věstník ERÚ ze dne 30.11.2021 [online]. Dostupné z: https://www.eru.cz/documents/10540/7274234/ERV12_2021.pdf/8f9f0e95-8d48-4e24-8b15-57220c5eb8a3
- 16) Údržba baterií v elektromobilu, Wolksvagen AG [online]. Dostupné z: <https://www.volkswagen.cz/elektricke-a-hybridni-vozy/vse-o-elektromobilitate/baterie-elektromobilu-zaruka-a-nabijeni>
- 17) Baterie do elektromobilů, Portalridice.cz [online]. Dostupné z: <https://www.portalridice.cz/clanek/kolik-stoji-baterie-do-elektromobilu>

- 18) Trh s elektřinou: úvod do liberalizované energetiky. Vydání druhé, aktualizované. Praha: Asociace energetických manažerů, 2016, 548 s. ISBN 978-80-260-9212-4
- 19) Ceník dobíjení Powerpass, Škoda auto a.s. [online]. Dostupné z: https://www.skoda-auto.cz/_doc/7493dc95-72ee-41f8-8380-521b41366b19
- 20) Ceník dobíjení PRE, PRE a.s. [online]. Dostupné z: <https://www.premobilita.cz/cs/dobijeni-elektromobilu/dobijeni-na-prepoint/chci-dobijet-na-prepoint/chci-dobijet-jednorazove/>
- 21) Ceník dobíjení ČEZ FutureGo, ČEZ a.s. [online]. Dostupné z: <https://www.futurego.cz/cs/smlouvy-cenik-a-opse>
- 22) Prognóza celkové inflace, 4.11.2021, ČNB [online]. Dostupné z: <https://www.cnb.cz/cs/menova-politika/prognoza/>
- 23) Futures kontrakty na elektřinu, Derivátový trh EEX-PXE [online]. Dostupné z: <https://pxe.cz/cs/derivatovy-trh/elektrina>
- 24) Archiv produktů PRE, PRE a.s. [online]. Dostupné z: <https://www.pre.cz/cs/firmy/elektrina/archiv-produktu/>
- 25) Teorie a praxe firemních financí 2.vydání, Brealey, Richard A, Steward C Myers a Franklin Allen, BizBook, ISBN 978-80-265-0028-5
- 26) Nabíjecí stanice Evecube, Evexpert [online]. Dostupné z: <https://www.evexpert.cz/c/e-shop/ac-nabijeci-stanice/>
- 27) Nařízení Evropského parlamentu a rady (ES) č. 443/2009 [online]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R0443&from=EN>
- 28) Nařízení Evropského parlamentu a rady (EU) 2019/631 [online]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A32019R0631&qid=1639386762349>
- 29) Průměrné emise automobilů [online]. Dostupné z: <https://www.hybrid.cz/prumerne-emise-novych-aut-v-cesku-klesly-v-roce-2020-o-6-nejnizsi-vykazal-peugeot/>
- 30) Emisní faktor CO₂ energetického mixu ČR, MPO, [online]. Dostupné z: https://www.mpo.cz/cz/energetika/statistika/elektrina-a-teplo/hodnota-emisniho-faktoru-co2-z-vyroby-elektřiny-za-leta-2010_2019--258830/
- 31) Hašení elektromobilů, Bridgehill, [online]. Dostupné z: <https://bridgehill.com/>
- 32) Náročný akční plán čisté mobility (NAP CM), MPO, [online]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/54377/62106/640972/priloha001.pdf>
- 33) Schéma sítí PRE Distribuce a.s., [online]. Dostupné z: <https://www.predistribuce.cz/cs/distribucni-sit/technicke-informace/>
- 34) Poplatky za provozování platebního systému, EV Expert s.r.o. [online]. Dostupné z: <https://www.evexpert.cz/>
- 35) Elektrické a hybridní vozy Škoda auto, Škoda auto a.s. [online]. Dostupné z: <https://www.skoda-auto.cz/emobilita/modely-skoda-iv>
- 36) Elektrické a hybridní vozy Volkswagen, Volkswagen group AG [online]. Dostupné z: <https://www.volkswagen.cz/elektricke-a-hybridni-vozy>
- 37) Počet registrací osobních vozů dle pohonu, Jato Dynamics [online]. Dostupné z: <https://www.jato.com/czech/solutions/jato-analysis-reporting/>
- 38) Počet registrací osobních vozů v ČR dle pohonu, MDČR [online]. Dostupné z: <https://www.mdcr.cz/Media/Media-a-tiskove-zpravy/Trend-rustu-registraci-novych-elektroaut-pokracuje>
- 39) Technologie V2G, Virta Global [online]. Dostupné z: <https://www.virta.global/vehicle-to-grid-v2g>

- 40) Metody komplexního hodnocení podniku 2.vyd., Vochozka Marek, ISBN 978-80-271-1701-7
- 41) Stanice pro výměnu baterií, NIO Power swap station 2.0, NIO [online]. Dostupné z: https://www.nio.com/de_DE/nio-power
- 42) Stanice pro výměnu baterií BattSwap, Energy globe [online]. Dostupné z: <https://www.energyglobe.cz/temata-a-novinky/baterii-v-elektromobilu-vymenime-za-30-sterin-rika-radek-janku-zakladatel-startupu-battswap-2>
- 43) Doporučení pro budování dobíjecích stanic, ACEA figures [online]. Dostupné z: <https://www.acea.auto/figure/key-figures-eu-auto-industry/>
- 44) Akční plán autonomního řízení, MDČR [online]. Dostupné z: https://amsp.cz/wp-content/uploads/2019/02/Ak%C4%8Dn%C3%AD-pl%C3%A1n-autonomn%C3%ADho-%C5%99%C3%ADzen%C3%AD-ma_KORNB8UGXNR8.pdf
- 45) Počet elektromobilů v ČR, Ekovozy [online]. Dostupné z: <https://www.ekovozy.cz/>
- 46) Mapa dobíjecích stanic, Chargemap [online]. Dostupné z: <https://chargemap.com/map>
- 47) Evropská databáze elektromobilů, EV-database [online]. Dostupné z: <https://ev-database.org/>
- 48) Anytime carsharing, D-mobility Czech Republic s.r.o. [online]. Dostupné z: <https://anytimecar.cz/>
- 49) GreenGo carsharing, GreeGo Car Czech s.r.o. [online]. Dostupné z: <https://greengo.com/cz/>
- 50) Metodický pokyn pro výdej parkovacích oprávnění pro el.vozidla a hybridy [online]. Dostupné z: <https://www.parkujvklidu.cz/wp-content/uploads/2019/04/Methodika-hybridy-od-1.5.2018.pdf>
- 51) FVE v památkové zóně, Tzb-info [online]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/18370-historicke-objekty-energeticke-uspory-v-souladu-s-pamatkovou-ochranou-2-cast>
- 52) Realizace JOM na klíč, Merkuro spol. s.r.o. [online]. Dostupné z: <http://www.merkuro.cz/panelovydum/sdruzena-odberna-mista.html>
- 53) Funkce dobíjecích stanic, Evexpert s.r.o. [online]. Dostupné z: <https://www.evexpert.cz/eshop/byznys-reseni/nabijeci-stanice>
- 54) Směrnice Evropského parlamentu a rady 2014/32/EU [online]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0032&from=IT>
- 55) Komunikační protokol OCPP, Open charge alliance [online]. Dostupné z: <https://www.openchargealliance.org/>
- 56) Typy dobíjecích konektorů, Evexpert [online]. Dostupné z: <https://www.evexpert.cz/eshop/znalostni-centrum/typy-konektoru-pro-nabijeni-ev-ve-svete>
- 57) Nabíjecí sloupek Evecube 2C, Autonabíjení.cz [online]. Dostupné z: <https://www.autonabijeni.cz/nabijeci-stanice/evecube-2c-ocpp-1-6-chytry-webserver-mereni-spotreby-wifi-max--2x22-kw/>
- 58) Nabíjecí sloupek OlifeEnergy AC, datasheet [online]. Dostupné z: https://charging.olife-energy.com/assets/OlifeEnergyAC_datasheet_CZ.pdf
- 59) Nabíjecí sloupek ChargeUp EVolve, datasheet [online]. Dostupné z: <https://chargeup.cz/cs/charging-stations/>
- 60) Testy elektromobilů, ADAC [online]. Dostupné z: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/tests/autotest/suche/?newCarsOnly=true&engineType=Elektro>

- 61) Testování ztrát při dobíjení elektromobilů, Autoforum [online]. Dostupné z: <https://www.autoforum.cz/technika/nemci-spocitali-kolik-energie-se-ztraci-pri-dobijeni-elektromobilu-je-to-jak-vylit-petinu-nadrze/>
- 62) Ceníky řemeslných prací, Cenikyremesel.cz [online]. Dostupné z: <https://www.cenikyremesel.cz/ceniky/elektrikari>
- 63) Deloitte property index 2017, Deloitte Czech republic [online]. Dostupné z: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/at/Documents/real-estate/property-index-6th-edition-2017.PDF>
- 64) Daňové otázky elektromobility, SPČR Svaz průmyslu a obchodu ČR [online]. Dostupné z: https://www.spcr.cz/files/cz/media/SPCR_Danove%20otazky_elektromobility_2020.pdf
- 65) Velkokapacitní Li-ion bateriové úložiště [online]. Dostupné z: <https://www.electrircarpartscompany.com/large-lithium-energy-storage-systems>
- 66) České technické normy ČSN, Česká agentura pro standardizaci [online]. Dostupné z: <https://csnonline.agentura-cas.cz/>
- 67) Stacionární bateriová úložiště, IBG Česko [online]. Dostupné z: <https://www.ibg.cz/>

Seznam tabulek

- Tab.1: Počet dobíjecích stanic v Praze dle provozovatelů, k 30.6.2021
- Tab.2: Počet dobíjecích stanic v Praze dle maximálních výkonů, k 30.6.2021
- Tab.3: Shrnutí výsledků vlastní analýzy
- Tab.4: Ceny dobíjení Powerpass Škoda auto, PRE, ČEZ k 20.12.2021
- Tab.5: Srovnání parametrů vybraných elektromobilů
- Tab.6: Složky ceny elektrické energie, regulované ceny pro C27d dle ERÚ k 30.11.2021
- Tab.7: Orientační ceny bateriových úložišť od čínského dodavatele
- Tab.8: Přehled zásuvek a konektorů pro dobíjecí stanice
- Tab.9: Investiční náklady veřejná instalace DoS
- Tab.10: Investiční náklady soukromá DoS
- Tab.11: Obecné rozdělení odpisových skupin
- Tab.12: Rozdělení investičních nákladů do odpisových skupin
- Tab.13: Počty dobití a spotřeba EE u jednotlivých variant veřejné dobíjecí stanice
- Tab.14: Ekonomické zhodnocení variant veřejné dobíjecí stanice
- Tab.15: Přehledová tabulka eskalací neregulované složky ceny EE
- Tab.16: Ekonomické zhodnocení variant soukromé dobíjecí stanice

Seznam obrázků

- Obr.1: Mapa dobíjecích stanic poblíž městské části Praha Holešovice
- Obr.2: Umístění veřejných DoS před domem a vyznačení parkovacích stání
- Obr.3: Situace, současné vedení sítí PREDi
- Obr.4: Pohled zepředu domu
- Obr.5: Schéma vnitřního zapojení DoS, doporučené pro regulátor Bender CC612
- Obr.6: Schéma elektroinstalace nového OM a napájení jednotlivých DoS
- Obr.7: Varianty a rozměry nabíjecího sloupku Evcube 2C(2S)

Seznam grafů

- Graf 1: Prognóza vývoje celkové inflace dle ČNB, zveřejněno 4.11.2021
- Graf 2: Vývoj prodejní ceny za náklady A, B, C 30%
- Graf 3: Závislost NPV na výši marže v Kč/kWh, A, B, C 30%
- Graf 4: Závislost NPV na výši diskontu, prodejní marže 1 Kč/kWh, varianta C
- Graf 5: Investiční náklady na 1 kWh (Kč/kWh) A, B, C
- Graf 6: Vývoj prodejní ceny za náklady při různém zatížení DoS, A
- Graf 7: Vývoj prodejní ceny za náklady při různém zatížení DoS, C
- Graf 8: Vývoj prodejní ceny za náklady při různé meziroční eskalaci neregulované složky ceny elektřiny, C 30%
- Graf 9: Vývoj prodejní ceny za náklady při různé meziroční eskalaci neregulované složky ceny elektřiny, A 15%
- Graf 10: Vývoj ceny za náklady (Kč/kWh) při různé úrovni zatížení
- Graf 11: Investiční náklady na 1 kWh v závislosti na vytížení DoS
- Graf 12: Vývoj ceny za náklady při různé meziroční eskalaci neregulované ceny EE, samostatná 45%
- Graf 13: Vývoj ceny za náklady při různé meziroční eskalaci neregulované ceny EE, byt 45%

Seznam rovnic

- Rce (1) Výpočet maximálního příkonu domu
- Rce (2) Výpočet WACC
- Rce (3) Zjednodušení WACC (neuvažují cizí kapitál)
- Rce (4) Výpočet výdajového NPV (veřejná DoS)
- Rce (5) Výpočet NPV
- Rce (6) Výnosy z dobíjení elektromobilů
- Rce (7) Prodejní cena elektřiny včetně DPH a marže
- Rce (8) Prodejní cena elektřiny za náklady včetně DPH
- Rce (9) Prodejní cena elektřiny za náklady včetně DPH a provize
- Rce (10) Náklady na dodanou elektřinu
- Rce (11) Investiční náklady na 1 kWh
- Rce (12) Výpočet výdajového NPV (soukromá DoS)

Rce (13) Cena dobíjení za náklady ve variantě D
Rce (14) Cena dobíjení za náklady ve variantě E

Seznam příloh

Příloha 1: Ekonomický model
Příloha 2: Vyjádření k existenci sítí
Příloha 3: Srovnání elektromobilů