

Univerzita Pardubice

Dopravní fakulta Jana Pernera

Vyhodnocení vlivu nabíjení elektromobilů na distribuční síť

Bc. Jan Hošek

Diplomová práce

2021

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Jan Hošek**
Osobní číslo: **D18501**
Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**
Studijní obor: **Elektrotechnické a elektronické systémy v dopravě**
Téma práce: **Vyhodnocení vlivu nabíjení elektromobilů na distribuční síť**
Zadávající katedra: **Katedra elektrotechniky, elektroniky a zabezpečovací techniky v dopravě**

Zásady pro vypracování

1. Vyhodnoťte energetické požadavky elektromobilů při jejich nabíjení
2. Zvolte typické lokality z hlediska možnosti nabíjení elektromobilů
3. Určete současné možnosti nabíjení elektromobilů ve zvolených lokalitách
4. Navrhněte změny distribuční sítě ve zvolených lokalitách vedoucí k uspokojení poptávky po nabíjení elektromobilů

Rozsah pracovní zprávy:

Rozsah grafických prací:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- Firemní dokumentace elektromobilů
- Informace poskytnuté distributory elektrické energie
- Statistiky ČSÚ

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Petr Sýkora

Katedra elektrotechniky, elektroniky a zabezpečovací
techniky v dopravě

Datum zadání diplomové práce:

26. ledna 2021

Termín odevzdání diplomové práce:

17. května 2021

L.S.

doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.
děkan

Ing. Dušan Čermák, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 8. března 2021

Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 19. 7. 2021

Jan Hošek

Poděkování

Děkuji vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Petru Sýkorovi za jeho věcné připomínky a věnovaný čas. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Jiřímu Randovi za poskytnuté informace, odborné rady, ochotu a vstřícný přístup při psaní této práce.

Anotace

Tato diplomová práce se v první části zabývá energetickými požadavky elektromobilů při nabíjení a popisuje různé způsoby nabíjení z pohledu uživatele elektrického vozidla. Dále se věnuje jednotlivým druhům dobíjecích stanic a popisuje postupný vývoj elektromobility v ČR. Následující dvě části se věnují stanovením vhodných lokalit z hlediska možného nabíjení elektromobilů a energetickým požadavkům při stanovených počtech dobíjecích stanic. Poslední část se zabývá analýzou zatížení sítě ve stanovených lokalitách a návrhem změn, které zajistí správný chod distribuční sítě při nabíjení.

Klíčová slova

Vozidlo na elektřinu, baterie, dobíjecí stanice, wallbox, distribuční síť, trafostanice

Title

Impact of electric vehicle charging on the distribution grid

Annotation

The first part of this thesis is focused on energetic requirements of the electric vehicles recharging and describes various methods of recharging from the point of view of the electric vehicle user's. There are also described particular charging stations and the development of electromobility in the Czech Republic. Following two parts of the thesis are dealing with the choice of eligible locations in terms of energetic requirements with defined number of the charging stations. The last part is focused on the grid load analysis in the determined locations and the concept of modifications that will provide seamless operation of the distribution grid while charging.

Keywords

Battery electric vehicle, battery, charging station, wallbox, distribution grid, substation

OBSAH

ÚVOD.....	9
1. Současné způsoby nabíjení elektromobilů a jejich vývoj.....	10
1.1 Aktuální přehled vozidel.....	10
1.1.1 Základní elektrické parametry.....	10
1.1.2 Nové trendy z pohledu elektromobilů.....	13
1.1.3 Predikce počtu elektrických vozidel v ČR.....	13
1.2 Současné možnosti nabíjení elektromobilů.....	15
1.2.1 Komerční nabíjení.....	16
1.2.2 Rychlé nabíjení.....	19
1.2.3 Pomalé nabíjení.....	21
1.2.4 Neveřejné nabíjení.....	25
1.2.5 Nabíjení v zaměstnání.....	27
1.2.6 Nové trendy z pohledu energetiky.....	29
1.3 Současné možnosti dobíjecích stanic.....	30
1.3.1 Pomalé dobíjecí stanice.....	30
1.3.2 Rychlé dobíjecí stanice.....	34
1.3.3 Predikce počtu veřejných dobíjecích stanic v ČR.....	35
1.4 Současné typy konektorů.....	37
1.4.1 Konektor Typ 1 Yazaki.....	38
1.4.2 Konektor Typ 2 Mennekes.....	39
1.4.3 Konektor Typ 2 CCS Combo 2.....	40
1.4.4 Konektor CHAdeMO.....	41
1.4.5 Tesla konektor Typ 1 US.....	42
2. Určení vhodných lokalit k nabíjení elektromobilů.....	43
2.1 Blokovaná struktura.....	43
2.1.1 Topologie distribuční sítě.....	43
2.1.2 Výpočet energetické bilance bytových a nebytových prostor.....	47
2.2 Izolovaná struktura s rodinnými domy.....	49
2.2.1 Topologie distribuční sítě.....	49
2.2.2 Výpočet energetické bilance rodinných domů.....	49
3 Současné možnosti nabíjení elektromobilů ve zvolených lokalitách.....	52
3.1 Vyhodnocení vlivu nabíjení na distribuční síť v blokové struktuře.....	53
3.2 Vyhodnocení vlivu nabíjení na distribuční síť v zástavbě rodinných domů.....	57

4	Návrh změn distribuční sítě ve zvolených lokalitách	61
4.1	Možnosti úprav distribuční sítě	61
4.1.1	Výměna stávajícího kabelového vedení	61
4.1.2	Nové kabelové vedení	64
4.1.3	Navyšování výkonu v distribučních trafostanicích	65
4.1.4	Nové distribuční trafostanice	67
4.1.5	System HDO	70
4.1.6	Pokročilý systém měření AMM	71
4.1.7	Chytré sítě	71
4.2	Úpravy distribuční sítě v blokové zástavbě	72
4.3	Úpravy distribuční sítě v zástavbě rodinných domů	77
	Závěr	80
	SEZNAMY	82
	Seznam použité literatury	82
	Seznam zkratk	85
	Seznam tabulek	87
	Seznam obrázků	88
	Seznam příloh	89
	Příloha A	90
	Příloha B	93
	Příloha C	95
	Příloha D	96
	Příloha E	98
	Příloha F	99
	Příloha G	100
	Přílohy H	101

ÚVOD

Elektromobilita je jedním z nejvíce sledovaným odvětví v dnešní době. Existuje hned několik důvodů, proč tomu tak je. Jedním z hlavních důvodů je rostoucí potřeba využití dopravních prostředků v silniční dopravě. Dopravní prostředky se v silniční dopravě ve velké míře podílí na znečištění ovzduší uvolňovanými emisemi CO₂ při spalování fosilních paliv. V této souvislosti se začala využívat vozidla s elektrickým pohonem, která mají tento negativní vliv na životní prostředí snížit.

Velkým podporovatelem v oblasti elektromobility je Evropská Unie, která díky svým ambiciózním plánům přijala celou řadu strategických dokumentů na podporu zvýšení podílu elektrických vozidel v silniční dopravě. Na základě schválených dokumentů EU byl v České republice vytvořen Národní akční plán čisté mobility, ve kterém byly určeny cíle k dosažení zvýšení počtu elektromobilů a dobíjecí infrastruktury. Do roku 2030 by mělo být v ČR evidováno na 500 tis. elektromobilů a 35 tis. dobíjecích bodů.

Takový počet elektromobilů bude mít při nabíjení vliv na distribuční síť z hlediska energetického zatížení. Z tohoto důvodu má smysl se tímto tématem zabývat. Práce bude rozdělena do čtyř kapitol. Nejprve bude práce zaměřena na energetické požadavky při nabíjení elektromobilů. Poté budou vybrány dvě rozdílné lokality, ve kterých lze předpokládat určitý vliv nabíjení na distribuční síť. Cílem této práce bude navržení takových úprav v síti ve vybraných lokalitách, které povedou k uspokojení poptávky při nabíjení.

1. Současné způsoby nabíjení elektromobilů a jejich vývoj

Elektromobilita je globální záležitostí dnešní doby. Za poslední desetiletí došlo ve světě v oblasti vývoje elektromobilů k velkým pokrokům. Současně s výrobou nových energeticky náročnějších elektromobilů je nutné dbát na rozvoj a výstavbu elektrické infrastruktury pro nabíjení.

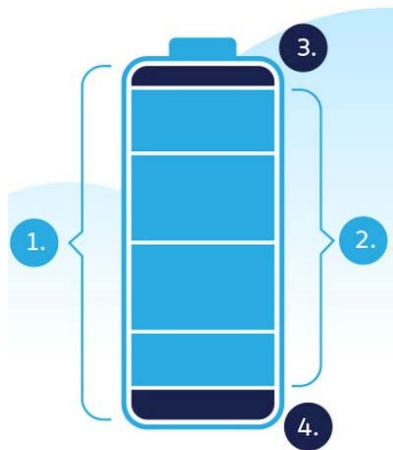
1.1 Aktuální přehled vozidel

V rámci evropského trhu bylo tabelárně zpracováno přibližně padesát vozidel nejprodávanějších modelů od různých výrobců. V tabulce Příloha A jsou uvedena vozidla čistě elektrická (BEV) pouze s elektromotorem a vozidla s hybridním pohonem, která jsou vybavena spalovacím a elektrickým motorem (PHEV). Tato vozidla nabíjí baterie ve vozidle nejen rekuperací (využití energie při brzdění) ale také připojením externího elektrického zdroje ze zásuvky (Plug-in). Vozidla s hybridním pohonem jsou v příloze A označena „*“ ve sloupci Model.

1.1.1 Základní elektrické parametry

Převážná většina výrobců udává základní elektrické parametry vozidla, se kterými se může uživatel při nákupu setkat.

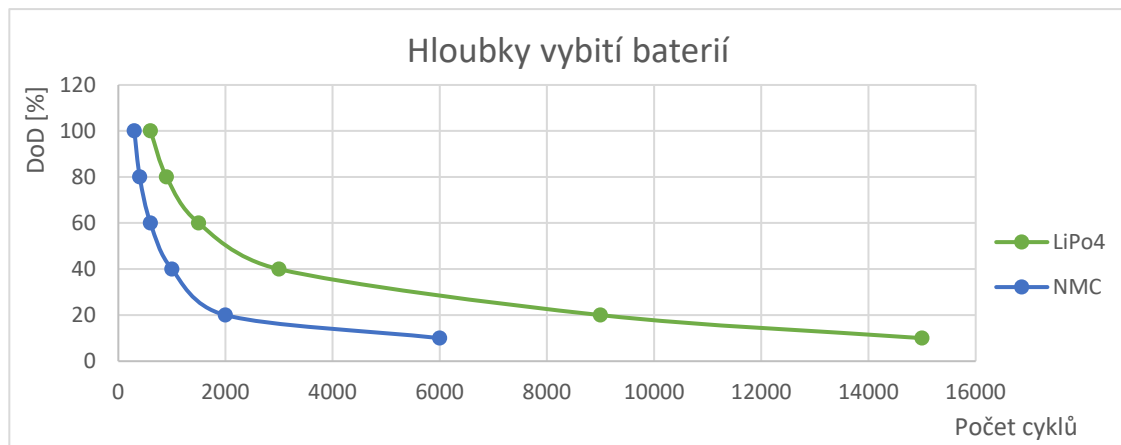
Jedním z nejvíce sledovaných parametrů je celková kapacita baterie ve vozidle. Tento parametr je udáván v kWh. Platí, že čím větší hodnota, tím větší energii je možné z akumulátoru odebrat, a tím větší je reálný dojezd. Při této příležitosti je nutné dodat, že celková kapacita baterie je mírně zavádějícím parametrem, protože ve skutečnosti není možné využít úplnou kapacitu ale pouze její část. Jedná se o takzvanou využitelnou část, která tvoří přibližně 90 % z celkové kapacity. Zbýlých 10 % kapacity je určeno pro vlastní elektroniku baterie (BMS), která zajišťuje soubor ochran proti přetížení, přehřátí, kontrolu nabíjení, hloubkovému vybití a podobné (zobrazeno na Obr. 1).



Obr. 1 Systém ochrany baterie [17]

Legenda: 1– Celková kapacita, 2 – Využitelná kapacita, 3 – Ochrana proti přebíjení (4%), 4 – Ochrana proti hloubkovému vybití (6%).

Dále do kapacity baterie promlouvá hloubka vybití v procentech (DoD). Hloubka vybití má vliv zejména na cykličnost nabíjení, proto výrobci baterií garantují jejich životnost a počet cyklů při 70-80 % DoD. Příkladem je Graf 1 Hloubky vybití dvou typů baterií, a to Lithium fosfátové a Lithiové s přidanými sloučeninami niklu, manganu a kobaltu. V praxi to znamená, že vozidla se nenabíjí z nulové hodnoty kapacity ale přibližně z 30 %. [1]



Graf. 1 Závislosti počtu cyklů na hloubce vybití [1]

Běžné typy baterií, které se nejčastěji využívají v dnešních vozidlech, jsou především baterie Li-Ion (lithium-iontové). Ostatně to dokládá i tabulka v Příloze A. Výjimkou v tabulce je výrobce vozidel Toyota, který historicky vsadil na typ baterií Ni-MH (nikl-metal hydridové). Tyto baterie byly jedny z prvních, které byly dodávány do vozidel Toyota Prius.

Dalším typem jsou Li-Pol (lithium-polymerové) baterie, které je možné najít například u vozidel Hyundai.

Dalším důležitým parametrem, který úzce souvisí s kapacitou baterie je dojezd vozidla. Obecně je známo, že vozidla BEV mají mnohem delší dojezd oproti vozidlům hybridním, které jezdí v režimu čistě na baterii.

Je to dáno tím, že hybridní vozidla mají zpravidla baterie s menšími kapacitami, protože elektromotory slouží z větší části jako pomocné pohony a hlavním pohonem ve vozidle zůstává spalovací motor. U vozidel čistě elektrických se dojezd pohybuje přibližně okolo 400 až 500 km. Výjimkou jsou vozidla výrobce Tesla, kde se pohybuje dojezd okolo 600 km na jedno nabití. U vozidel hybridních je dojezd maximálně do 100 km.

Dříve se dojezd vozidel testoval podle standardu NEDC. Nově se testuje ujetí vozidla na jedno nabití dle standardu WLTP. Rozdíl v testech je především v přísnějších testovacích metodách. V metodice WLTP se nově testuje delší časový úsek a vyšší maximální rychlost. Mnohem více se dbá na simulaci městského a mimoměstského provozu, kde dochází k častějšímu brzdění a rozjíždění. Základní fáze metodiky jsou shrnuty do následující zjednodušené Tab. 1.

Porovnání	NEDC	WLTP
Trvání testu	20 min.	30 min.
Vzdálenost	11 km	23 km
Maximální rychlost	120 km/h	131 km/h
Průměrná rychlost	34 km/h	47 km/h
Fáze testu	2 fáze – město a mimo město	4 fáze – pomalá, střední, rychlá a extra rychlá
Počáteční teplota	23 °C	14 °C
Čas na volnoběh	25 % na volnoběh	13 % na volnoběh
Doplňková výbava	Nebere se v úvahu	Bere se specifická výbava, která ovlivňuje hmotnost, aerodynamiku a spotřebu v pohotovostním režimu

Tab. 1 Porovnání cyklů NEDC a WLTP [2]

1.1.2 Nové trendy z pohledu elektromobilů

Jednou z organizací, která sleduje postupný vývoj elektromobility v České republice je Technologická platforma silniční dopravy. Ta sleduje vývoj nejen v ČR ale i ve světě. Úkolem této organizace je informovat veřejnost o nejnovějších trendech v oblasti silniční dopravy. V tomto případě se lze zaměřit na oblast elektromobility, která má zásadní dopad na dobíjecí infrastrukturu. Níže budou vypsány některé z nejnovějších trendů.

Hlavním trendem technologického vývoje nových generací elektromobilů je neustálé posouvání dojezdů na jedno nabití na hranici 500 km. Toho se výrobci snaží dosáhnout zejména novými vysokokapacitními bateriemi. Dosud byly využívány Lithiové baterie se sloučeninami NMC. Nově lze očekávat baterie s technologiemi Lithium-síra, které se budou instalovat do třetích generací elektromobilů s možným dojezdem až 800 km. Taková vzdálenost je shodná s vozidlem na fosilní palivo. [3].

Dalším důležitým faktorem je především cena elektromobilu, ve které hraje významnou roli baterie. Do budoucna lze očekávat zlevnění baterií, neboť dochází k vypršení některých patentů na výrobu. Velkou roli hraje především množství vyráběných baterií. Díky investicím do nových výrobních podniků lze očekávat zlevnění. [3].

Výše zmíněné okolnosti budou velkou měrou promlouvat k soukromým uživatelům, pro které budou elektromobily mnohem dostupnější. V následujících letech lze očekávat velký nárůst nových registrovaných elektromobilů v České republice.

1.1.3 Predikce počtu elektrických vozidel v ČR

Jednotlivé koncerny a automobilky začaly plánovat od roku 2020 v oblasti elektromobility velké změny v počtu představených a prodaných elektrických vozidel. Lze uvést několik čísel, které nastavený směr výroby dokládají. Výrobce ŠKODA AUTO, a.s. předpokládá do roku 2025 podíl elektrických vozidel až 25 %. Cílem do roku 2025 je představit pět čistě elektricky poháněných modelů v různých segmentech. V celkových číslech by chtěl koncern Volkswagen představit do roku 2025 více než 80 nových elektrických modelů, které zahrnují 50 čistě elektrických vozů a 30 plug-in hybridů. [4]

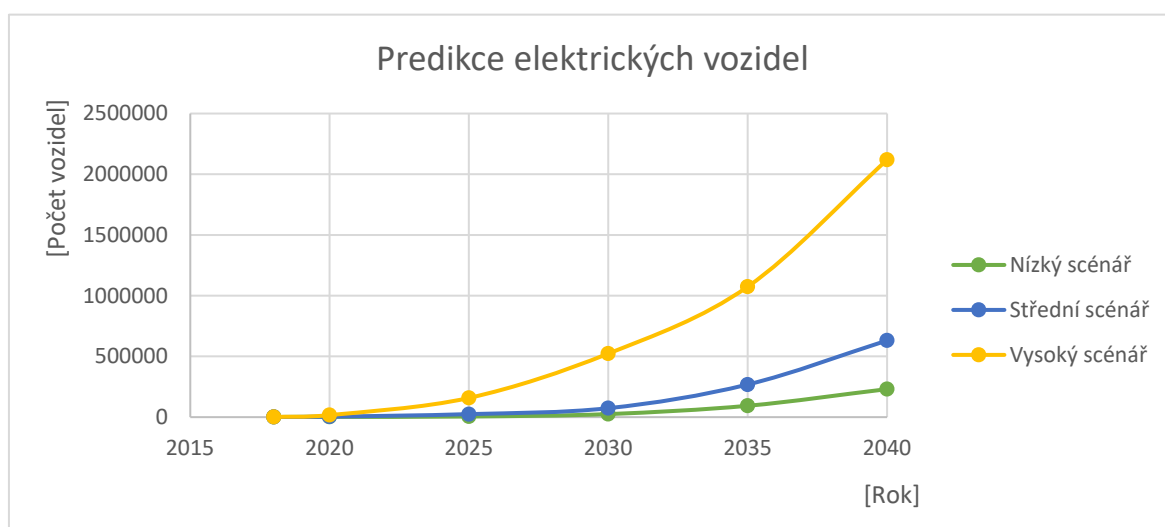
Samotnou predikcí vývoje počtu elektrických vozidel se zabývá společnost EUROENERGY. s r. o., která zpracovala pro pracovní tým A25 Dílčí studii s názvem Predikce vývoje elektromobility v ČR. Studie byla zpracována pro největší distributory

elektrické energie v ČR. V této studii byly zvoleny celkem tři scénáře, na základě kterých byly predikovány počty elektromobilů. Jedná se o Nízký, Střední a Vysoký scénář (viz Tab. 2).

Ukazatel		2018	2020	2025	2030	2035	2040
Nízký scénář Elektrická vozidla	[%]	0,18	0,18	0,35	2,30	4,24	6,00
	[počet vozidel]	1823	2856	5159	25811	93716	231245
Střední scénář Elektrická vozidla	[%]	0,18	0,35	2,30	3,00	12,50	22,00
	[počet vozidel]	1823	3660	24519	74022	268338	630902
Vysoký scénář Elektrická vozidla	[%]	0,18	3,36	11,32	19,27	39,96	63,83
	[počet vozidel]	1823	16823	158903	523308	1074609	2118960

Tab. 2 Predikce elektrických vozidel [4]

Predikce počtu čistě elektrických vozidel (BEV) byla určena tržním podílem EV na nově prodaných registrovaných osobních vozidel a dovezených ojetých vozidel snížený o předpokládaný počet vyřazených s tím, že bylo dosaženo jejich technické životnosti. [4]



Graf. 2 Predikce elektrických vozidel od roku 2018 do roku 2040 [4]

Predikce elektrických vozidel je zobrazena na Grafu č. 2, která vychází z Tab. 2. Ve všech scénářích je vidět značný nárůst počtu elektrických vozidel. Každý ze zmíněných scénářů je možné naplnit za určitých podmínek. Tyto podmínky jsou stanoveny státem, EU nebo různými kampaněmi, na kterých participuje více států současně. V případě, že by se naplnil Střední scénář, který je z našeho pohledu nejvíce reálný, znamenalo by to nárůst počtu elektrických vozidel do roku 2040 přes půl milionů vozidel. Takový počet vozidel se musí v infrastruktuře elektromobility výkonově projevit.

Nejnovější data z Centra dopravního výzkumu sledují ve spolupráci s Ministerstvem dopravy vývoj jednotlivých vozidel s ohledem na druh paliva. Data se v tomto případě zaměřují především na vozidla BEV. V prvním pololetí roku 2021 bylo zaregistrováno pouze 1262 vozidel. Celkem je v ČR evidováno 13228 nových vozidel a 1827 vozidel ojetých. [16]

Ve srovnání s predikcí společnosti EUROENERGY, s r. o. vychází nejnovější data mezi středním a vysokým scénářem růstu počtu elektromobilů.

1.2 Současné možnosti nabíjení elektromobilů

S předpokládaným růstem počtu elektrických vozidel, který byl nastíněn v předchozích odstavcích výše, je neméně důležitá dobíjecí elektrická infrastruktura. Dobíjecí infrastruktura jde ruku v ruce s růstem počtu vozidel protože v případě, že nebude síť dobíjecích stanic dostatečně rozvinutá, lidé si pořídí vozidlo se spalovacím motorem. V této kapitole budou popsány současné možnosti nabíjení z pohledu uživatele a z pohledu energetiky.

Pro další zkoumání problematiky dobíjecí infrastruktury je důležité stanovit si terminologii, která se v současné době používá mezi odbornou veřejností. Jednotlivé pojmy jsou blíže popsány ve Sbírce zákonů.

Konkrétně v zákoně č. 311/2006 Sb., Zákon o pohonných hmotách, který v první části stanovuje Pohonné hmoty a jejich používání podle § 2 následující popsané pojmy. [5]

- *„Elektrické vozidlo je motorové vozidlo s pohonem, které zahrnuje alespoň jedno neperiferní elektrické zařízení jako je měnič energie s elektricky dobíjeným systémem pro ukládání energie, a dále systémem, které je možné nabíjet externě.*
- *Dobíjecí stanice je kompaktní zařízení vybavené jedním nebo více dobíjecími body, které mají stejného vlastníka jako toto zařízení.*
- *Dobíjecí bod je zařízení, které umožňuje nabíjet v určitém okamžiku jedno elektrické vozidlo, nebo je možné v určitém okamžiku provést výměnu baterie u jednoho elektrického vozidla, a dále je jeho hlavním účelem nabíjení elektrického vozidla.*

- *Běžný dobíjecí bod umožňuje přenos elektřiny do elektrického vozidla s výkonem 22 kW nebo nižším – V našem případě se jedná o pomalé dobíjecí stanice.*
- *Vysoce výkonný dobíjecí bod umožňuje přenos elektřiny do elektrického vozidla s výkonem vyšším než 22 kW – V našem případě se jedná o rychlé dobíjecí stanice.“ [5]*

Uživatele elektrického vozidla především zajímá, jakým způsobem lze elektrické vozidlo nabíjet. Nabízí se rozdělení do následujících kategorií, se kterými je možné se v běžném provozu setkat. Jednotlivé kategorie vychází z Dílčí studie a zároveň jsou s drobnými změnami v názvosloví popsány v tiskové zprávě Centra dopravního výzkumu. [4]

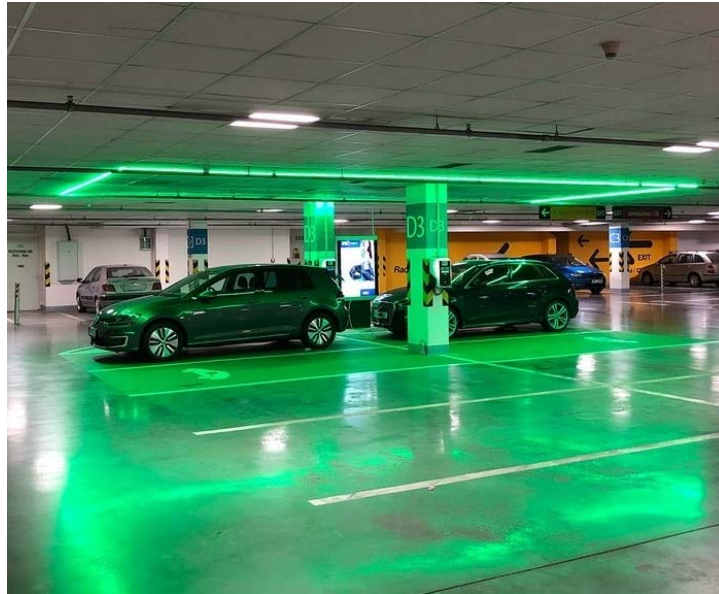
- Veřejně dostupné nabíjení
 - Komerční nabíjení
 - Pomalé nabíjení
 - Rychlé nabíjení
- Neveřejně dostupné nabíjení
 - Nabíjení doma
 - Nabíjení v práci

Tyto kategorie v sobě ukrývají některé technické záležitosti, které je nutné uvést. První záležitostí se týká druhu napětí, které se nachází na výstupu z dobíjecí stanice. Jedná se především o stejnosměrnou nebo střídavou složku v pásmu do 1 kV. To je důležité především pro uživatele vozidla. To, co pro uživatele není podstatné, ale má to vliv na chod a stabilitu, je způsob připojení dobíjecí stanice do distribuční sítě. Tyto kategorie budou dále popsány.

1.2.1 Komerční nabíjení

Komerční nabíjení se týká především větších obchodů, supermarketů a obchodních center. V těchto místech lze očekávat uživatele, kteří jezdí do obchodů za různými službami a využívají dobu zaparkovaného elektrického vozidla k nabití.

Z pohledu odebíraného výkonu z distribuční soustavy je časový úsek nabíjení rozprostřen do celého dne. Největší výkonové zatížení tohoto typu nabíjení je kolem polední dvanácté hodiny, kdy lidé jezdí na obědy a v odpoledních hodinách od 17. hodin, kdy lidé jezdí ze zaměstnání do obchodních center. [4] Dobíjecí stanice umístěná v obchodním centru je zobrazena na Obr. 2.

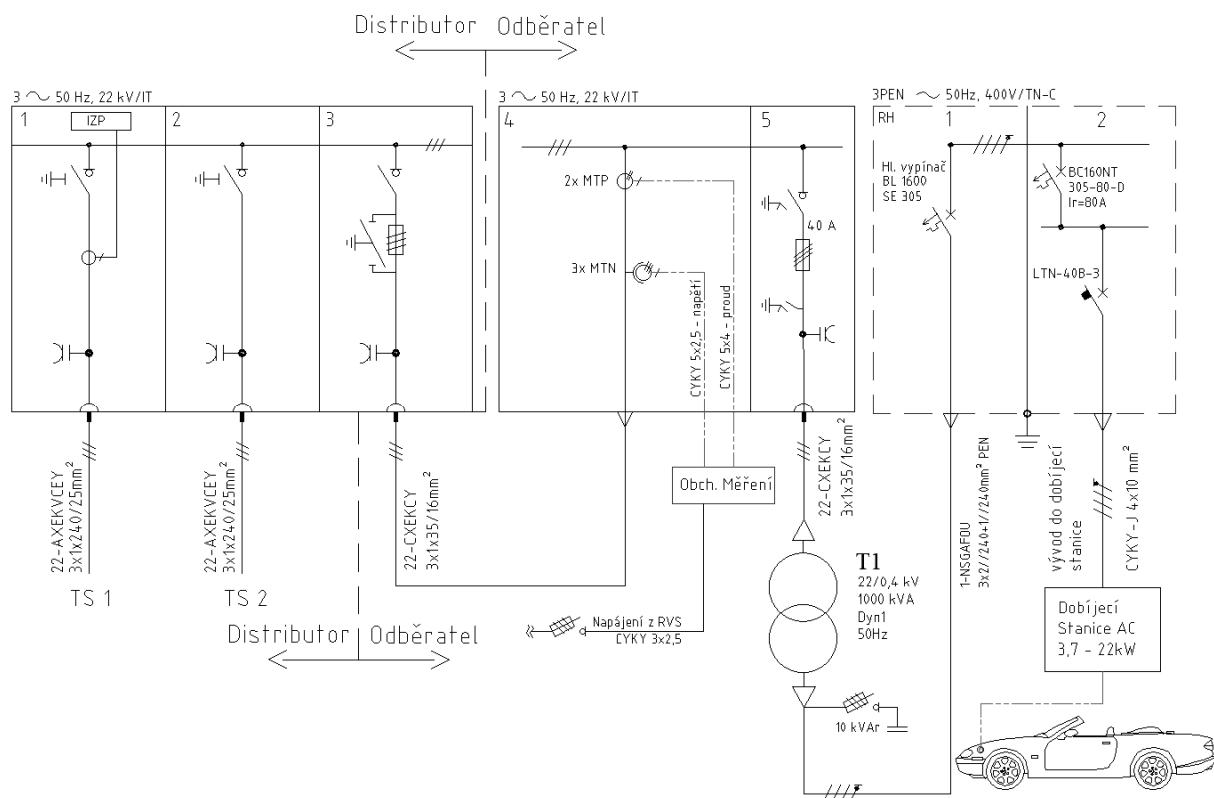


Obr. 2 Dobíjecí stanice v garážích Galerie Butovice [13]

V těchto místech se využívají zejména pomalé dobíjecí stanice s příkonem od 3,7 kW do 22 kW. Tento typ nabíjení tvoří pouze část z celkového odebíraného výkonu, protože distributor napájí celý objekt, a dobíjecí stanice jsou pouze součástí vnitřního rozvodu budovy.

Takové nabíjení, které charakterizuje zatížení distribuční sítě ve vztahu k distributorovi, je možné popsat jednopólovým schématem. V tomto případě není smyslem stanovení potřebného jištění a dimenzování jednotlivých prvků ve schématu, ale hlavně určení technického způsobu připojení daného odběru ze sítě.

Podrobnější popis k jednopólovému schématu komerčního nabíjení s měřením elektrické energie na primární straně je zobrazen v Obr. 3



Obr. 3 Jednopolové schéma napájení Komerčního nabíjení

Nyní bude podrobněji popsána vstupní část distributora, která se bude vyskytovat v dalších zapojeních ve stejné podobě. Vstupní část slouží k přivedení elektrické energie distributorem k zákazníkovi.

Historicky se jednalo o kobkové rozvodny., Živé části byly umístěny pouze za pletivovou zábranou. V devadesátých letech se stavěly montované kobkové rozvaděče ve formě skříňového provedení. Dnes se využívá zejména moderních izolovaných kompaktních rozvaděčů izolovaných plynem SF₆, které jsou odolné vůči vlhkosti a prachu. Mohou tak fungovat ve znečištěném prostředí.

V tomto případě se jedná o kompaktní rozvaděč 22 kV izolovaný plynem SF₆, který je složený ze třech polí. První a druhé pole slouží k přivedení elektrické energie ze dvou sousedních distribučních trafostanic. Jedná se o kabelová pole vybavená třípolohovými odpínači s pružinovými mechanismy odepnutí a uzemňovači. V těchto kabelových polích bývají různé typy indikací, které signalizují různé typy poruch. Jedním z indikátorů je manometr indikující provozní tlak plynu v nádobě. Dále se využívá indikátorů zkratových proudů a zemních spojení, které signalizují vizuálně zkrat v kterékoli fázi. Napětí v jednotlivých fázích se v těchto typech rozvaděčů signalizuje indikátorem napětí pomocí kapacitního děliče. Třetí pole je vývodové na transformátor. Standardně bývá toto pole

osazené pojistkovým odpínačem s dvěma uzemňovači před a za pojistkou. V některých případech se lze setkat s vakuovým vypínačem. Vakuový vypínač se osazuje v případech, kdy je velký proud zátěže a nelze použít pojistku.

Odběratelská část je složena ze dvou polí č. 4 a 5 na napětíové hladině 22 kV. Čtvrté pole je pole primárního obchodního měření, kde se měří odebíraný výkon pomocí měřících transformátorů proudů a napětí (MTN, MTP). Pole měření je řešeno jako vzduchové s kabelovým přívodem a vývodem do pátého pole pomocí přípojníc. Páté pole je obdobou třetího pole a následuje transformátor s převodem 22 kV na 0,4 kV.

Za transformátorem se standardně nachází rozvodna s rozvaděčem nízkého napětí ve skříňovém provedení s označením RH. Rozvaděč RH bývá většinou složen z více polí. V tomto případě ho symbolizuje přívodní pole č. 1, ve kterém zpravidla bývá hlavní jistič, zajišťující jištění transformátoru proti přetížení. Druhé pole symbolizuje směr vyvedení výkonu do dobíjecí stanice se selektivním jištěním a zkratovou odolností. Tyto dobíjecí stanice bývají instalovány v blízkosti parkovacích míst určených například pro nabíjení v garážích obchodních center.

1.2.2 Rychlé nabíjení

Rychlého nabíjení se využívá zejména v místech, kde uživatel elektrického vozidla nemá dostatek času na nabití do plné kapacity baterií. Řidič očekává rychlost nabíjení, která by se měla alespoň teoreticky přibližovat tankování u spalovacího motoru. Dnešní rychlé dobíjecí stanice jsou schopny nabít baterie v průměru okolo 15 až 20 minut, a to přibližně na 80 % jejich kapacity. V takovém případě není rychlé nabíjení s velkým proudem do plné kapacity z pohledu životnosti baterie žádoucí. Při rychlém nabíjení dochází v bateriích k velkým teplotním rázům, které jsou způsobeny zejména chemickými procesy. Tyto procesy způsobují degradaci a postupné snižování kapacity. Dalším důvodem, proč nenabíjet do sta procent kapacity, je čas. Díky nabíjecí charakteristice v baterii dochází k tomu, že baterie je nabíjena přibližně do rozsahu 80 % kapacity s maximálním výkonem, a ve zbylých 20 % nabíjecí výkon klesá. Tím se zároveň prodlužuje čas nabití.

Je zřejmé, že rychlé dobíjecí stanice jsou instalovány zejména na čerpacích stanicích nebo u hlavních silničních tahů směřujících z velkých měst. Novým trendem jsou rychlodobíjecí stanice instalované v administrativních areálech, kde se předpokládá velký počet

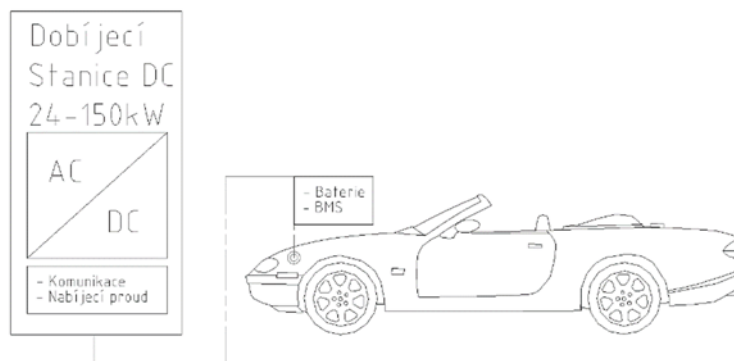
elektromobilů. V dnešní době se využívají zejména stejnosměrné rychlé dobíjecí stanice s instalovaným výkonem od 24 kW do 300 kW (viz Obr. 4).



Obr. 4 Umístění rychlé dobíječky [14]

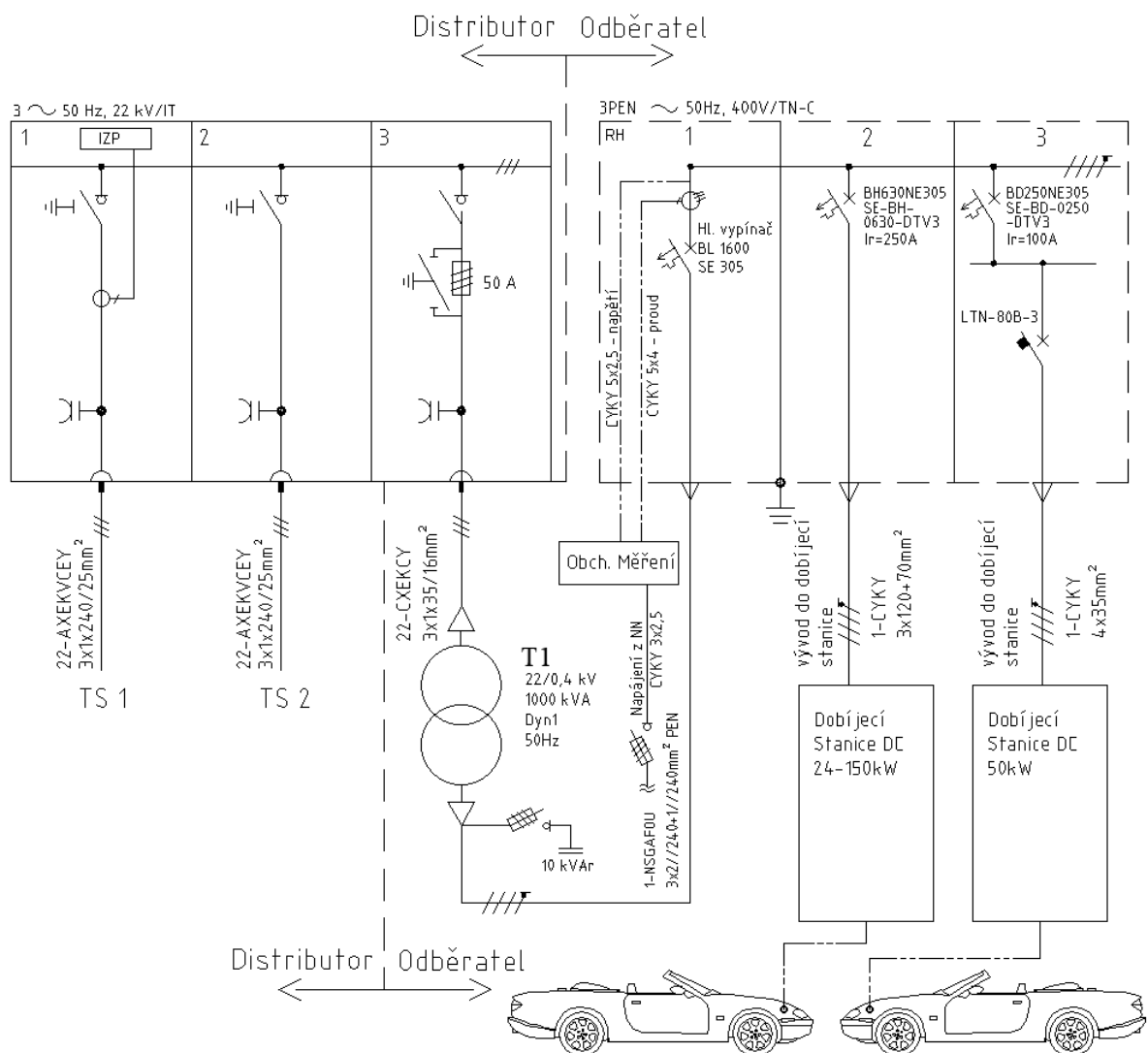
Tento typ nabíjení je z časového hlediska využíván zejména v ranních špičkách okolo šesté a sedmé hodiny, kdy lidé využívají elektromobily k pracovním účelům, nebo naopak v odpoledních špičkách mezi 15 až 17 hodinou v době, kdy se lidé vracejí ze zaměstnání. [4]

U rychlých dobíjecích stanic dochází k nabití elektromobilu stejnosměrným proudem až 500 A. Stanice v sobě mají integrovaný výkonový měnič napětí AC/DC, což je rozdíl oproti pomalým dobíjecím stanicím. Hlavní výhodou je, že celé dobíjecí zařízení je umístěno v samostatně stojícím pilíři mimo vozidlo. Primárním parametrem není rozměr ani hmotnost stanice, ale maximální nabíjecí proud. Důležitou součástí nabíjecího procesu je komunikace vozidla pomocí BMS a jednotky dobíjecího zařízení. Tyto dvě jednotky společně komunikují po připojeném datovém vodiči. BMS ve vozidle musí vyhodnocovat zejména nabíjecí charakteristiku baterií a teplotu. Dále zasílá informaci o procentuálním nabití baterií. Blokové schéma připojení je znázorněno na Obr. 5.



Obr. 5 Blokové schéma připojení rychlé dobíjecí stanice

Jednopolové schéma zapojení (viz Obr. 6) s měřením na sekundární straně je odlišné zejména v odběratelské části. Odebíraný výkon není měřený na hladině 22 kV, nýbrž je měřen za transformátorem v rozvaděči nízkého napětí pouze třemi měřícími transformátory proudu. Takové zapojení je oproti předešlému případu mnohem levnější. Nevýhodou v tomto případě je, že distributor musí zmařenou energii způsobenou transformací napětí na transformátoru vyžadovat po odběrateli jiným způsobem nežli měřením. Například by měl požadovat dodatečnou smlouvou s podílem na ztrátách nebo protokolem o ztrátách na transformátoru od výrobce.



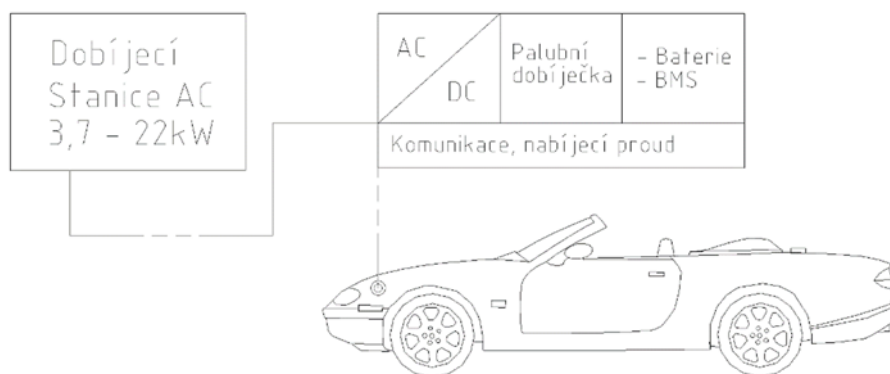
Obr. 6 Jednopolové schéma napájení rychlých dobíjecích stanic

1.2.3 Pomalé nabíjení

Pomalého nabíjení se využívá zejména v místech s velkou hustotou zástavby, jako je centrum města nebo sídliště. Dobíjecí stanice jsou umístěny na veřejných parkovištích, před technickými budovami nebo na parkovištích obchodních domů. V těchto místech nabíjí

elektrická vozidla zejména ti uživatelé, kteří nemají možnost soukromého nabití elektromobilu u rodinného domu, protože bydlí v blokové zástavbě nebo na sídlišti. Takoví uživatelé nabíjí zejména v odpoledních a večerních hodinách, přibližně od 17. do 21. hodiny poté, co se vrátí ze zaměstnání. [4]

Pomalé nabíjení je charakterizováno výkonem přibližně od 3,7 do 22kW a je znázorněné na Obr. 7. Dobíjecí stanice, respektive wallboxy, slouží jako přechodové boxy mezi distribuční částí a elektromobilem. V dobíjecí stanici je umístěna pouze zásuvka pro připojení dobíjecího kabelu. Existují modernější wallboxy doplněné komunikačním rozhraním se zahájením a ukončením nabíjení pomocí RFID a ochranami. Lze najít mnoho dalších uživatelsky přijatelných výhod, které budou podrobně rozebrány později. Tyto nástěnné dobíjecí stanice nejsou vybaveny výkonovým měničem napětí. Dobíječ musí být integrován ve vozidle společně s palubním měničem napětí AC/DC. Do vozidla je připojen výkon do 22 kW a velikost nabíjecího proudu řídí elektronika uvnitř. Nabíjení baterií je tím pádem omezeno parametry a integrací zařízení daného výrobce vozidla.



Obr. 7 Blokové schéma veřejné Pomalé dobíjecí stanice

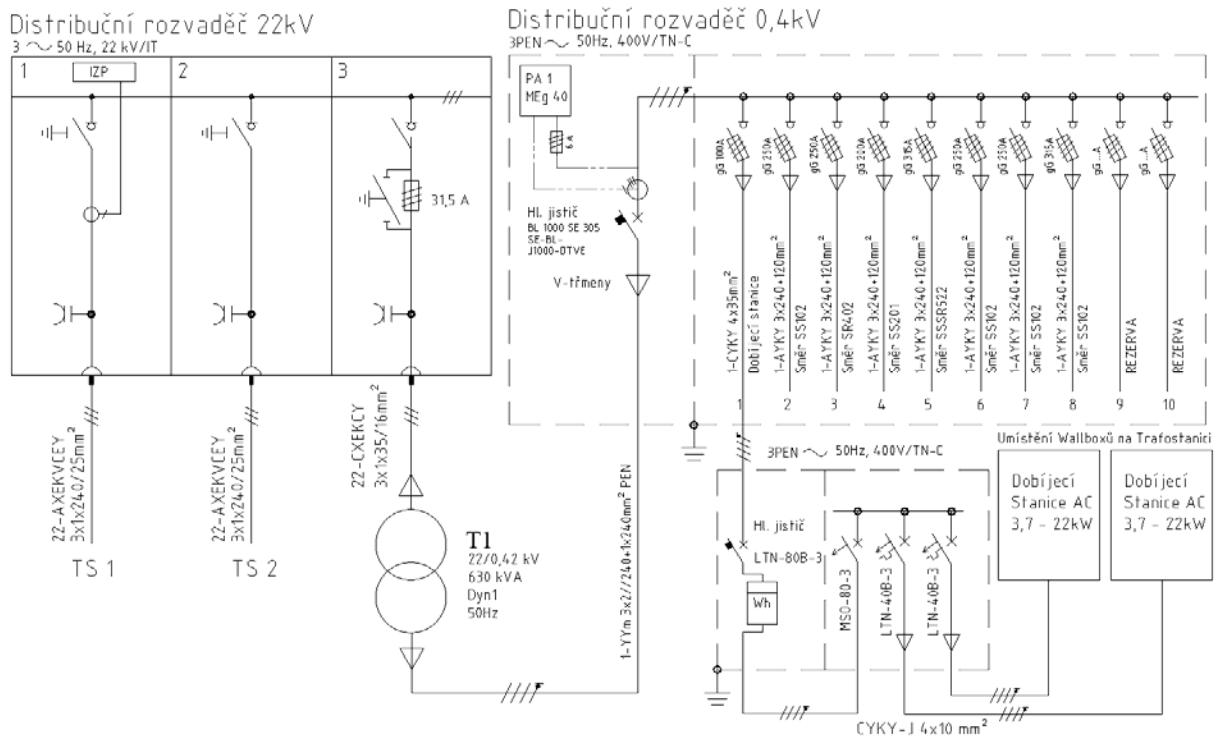
Využití pomalých dobíjecích stanic lze najít například v Praze na veřejných parkovištích. Další místa, která se v hojném počtu začínají využívat, jsou plochy před distribučními transformačními stanicemi. Nástěnné dobíjecí stanice se instalují na obvodové zdi trafostanic, ze kterých jsou přímo napájeny (viz. Obr. 8).



Obr. 8 Nástěnné dobíjecí stanice tzv. "wallboxy" na distribuční stanici [12]

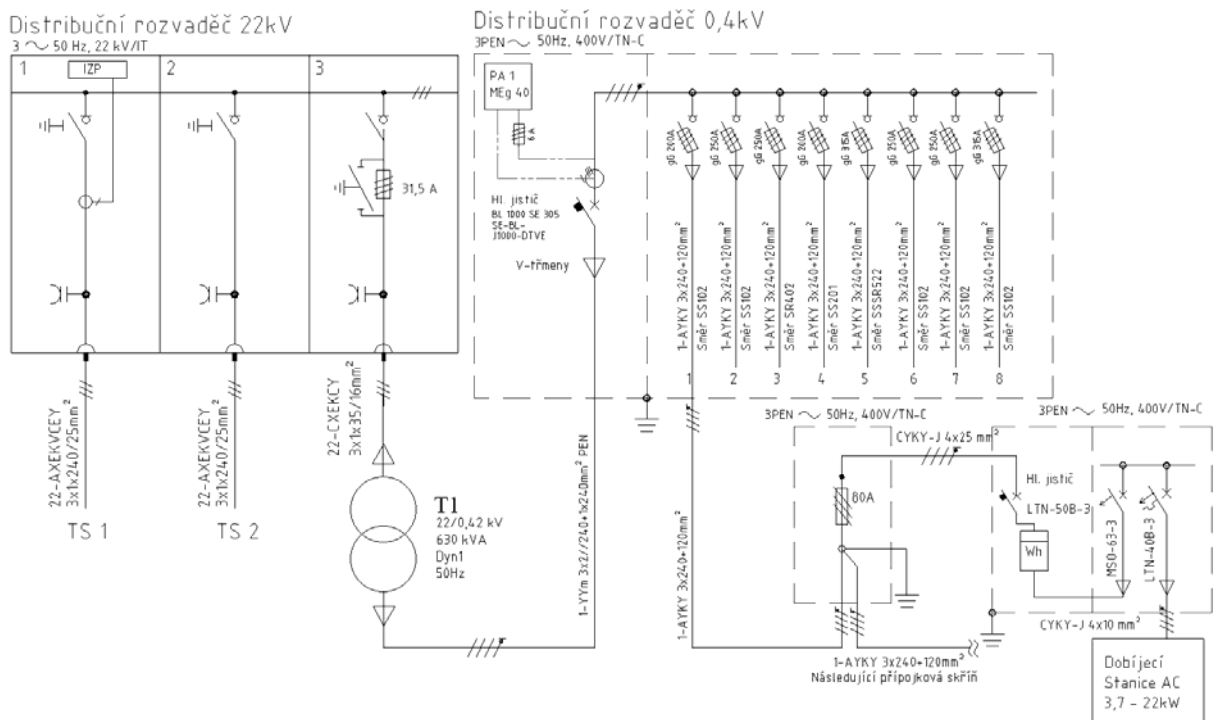
Jednopolové schéma zapojení je složeno z rozvaděče 22 kV, který je zařazen do linie ve dvoustupňové síti na napěťové hladině 22 kV. Následuje distribuční transformátor transformující napětí z 22 kV na 0,4 kV, za kterým se nachází distribuční rozvaděč nízkého napětí s různým počtem vývodů. Tyto vývody slouží k vyvedení výkonu k jednotlivým spotřebitelům.

Jeden z těchto vývodů může být využit pro napájení nástěnných dobíjecích stanic. V takovém případě si distributor měří elektrickou energii v elektroměrovém rozvaděči umístěném ve stanici. Z rozvaděče jsou dále vyvedeny odjištěné vývody k jednotlivým wallboxům, které jsou umístěny na trafostanici.



Obr. 9 Jednopolové schéma s napájením dobíjecích stanic z distribuční trafostanice

Druhý způsob instalace je připojení dobíjecí stanice z distribuční přípojkové skříně. V tomto případě je z distribučního rozvaděče nízkého napětí vyveden výkon distribučním kabelem do skříně umístěné například na fasádě bytového domu. Odtud je výkon vyveden do rozvaděče, ze kterého je napájena dobíjecí stanice.



Obr. 10 Jednopolové schéma s napájením dobíjecí stanice z přípojkové skříně

1.2.4 Neveřejné nabíjení

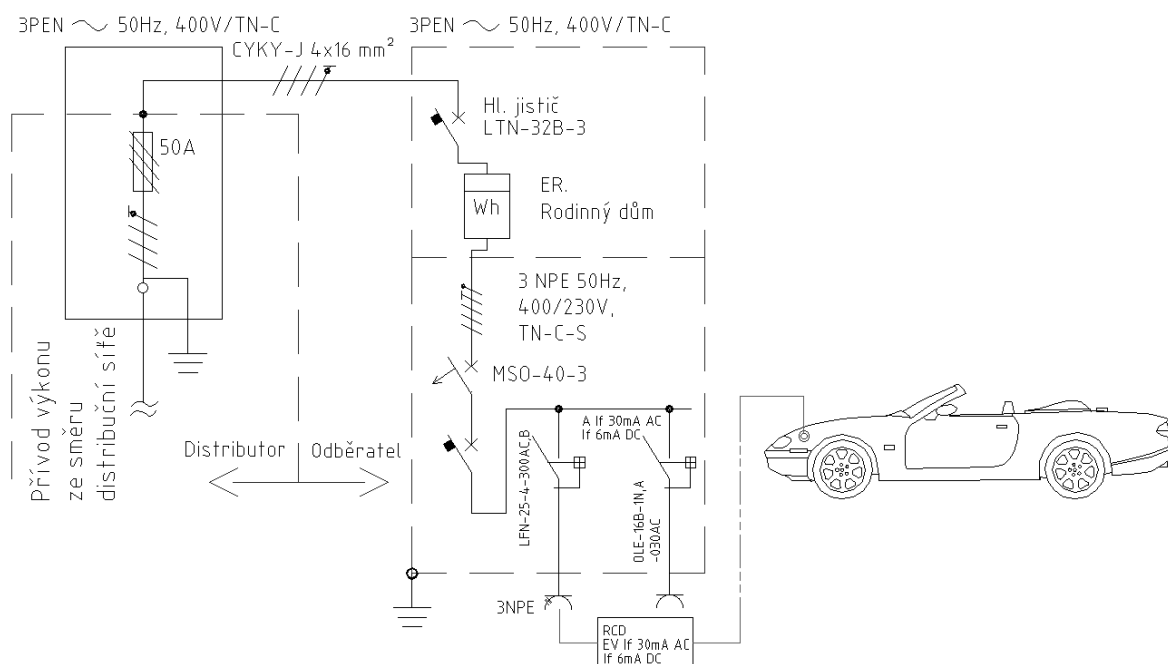
Nabíjení tohoto typu využívají zejména uživatelé, kteří vlastní rodinný dům s pozemkem, nebo uživatelé, kteří vlastní elektromobil pro služební účely. Hlavní podstata nabití tkví v tom, že uživatelé neparkují s elektromobily na veřejných parkovištích, ale v soukromých areálech a na soukromých pozemcích. Vozidla na parkovacích místech mohou stát neomezenou dobu, nabíjet se v libovolný okamžik a jakkoli dlouho.

Neveřejné nabíjení lze považovat za jedno z nejrozšířenějších. Hlavním důvodem je to, že takové nabíjení je vhodné zejména z pohledu ekonomického a uživatelsky přijatelného. Mezi hlavní důvody nepatří energetické vlastnosti jako jsou nabíjecí výkon, velký nabíjecí proud a podobné.

K tomuto typu nabíjení není potřeba speciální dobíjecí stanice. K nabíjení postačí pouze správný nabíjecí kabel s adaptérem pro připojení do běžné zásuvky 230 V/ 400 V a do vozidla. Nabíjení je v takovém případě omezeno parametry elektroinstalace, a je mnohdy pomalé. Například baterie s průměrnou kapacitou 80 kWh se bude při nabíjecím výkonu 2,3 kW nabíjet až 34 hodin.

Z časového hlediska je předpoklad zvýšeného odběru při nabíjení po příjezdu uživatelů z práce přibližně od 15. hodiny.

Nabíjení elektromobilu v rodinném domě reprezentuje následující zapojení na Obr. 11 v jednopólovém schématu pouze s vyvedeným výkonem do vozidla.



Obr. 11 Jednopolové schéma neveřejného nabíjení doma z běžné zásuvky

Elektrická energie je přivedena z distribuční sítě nízkého napětí do přípojkové skříně distributora. V těchto místech je zároveň předávací bod elektrické energie distributora a odběratele. Za přípojkovou skříní se nachází elektroměrový rozvaděč zákazníka společně s hlavním jističem. Následuje hlavní domovní rozvaděč s odjištěním pro běžné zásuvky. Uživatel v tomto případě připojuje dobíjecí kabel s adaptérem do zásuvky a do elektromobilu bez jakéhokoli dalšího dobíjecího zařízení.

Jištění a ochrana před úrazem elektrickým proudem při nabíjení je poměrně složitá záležitost. Toto téma by vydalo na několik stran, proto bude tato problematika zmíněna jen okrajově.

Při ochraně před úrazem elektrickým proudem je důležité použít proudový chránič RCD správného typu, který zajistí dostatečně rychlé vybavení v závislosti na tvaru reziduálního proudu. Hlavním důvodem, proč se touto problematikou zabývat je fakt, že dnešní elektrické obvody v dobíjecí stanici nebo ve vozidle obsahují polovodičové prvky. Ty produkují různé druhy poruchových proudů, na které běžné proudové chrániče nemusí reagovat dostatečně včas a přesně. Touto problematikou se zabývají normy ČSN EN IEC 61851-1 ed. 3 a IEC 62955:2018, ve kterých jsou obecné požadavky na použití prvků RCD a jejich parametry.

[18]

V tomto případě se jedná především o nabíjení v Režimu 3, které se týká dobíjecích stanic připojených do okruhu elektroinstalací. Tyto dobíjecí stanice jsou zejména na soukromých pozemcích nebo na neveřejných místech (např. v zaměstnání).

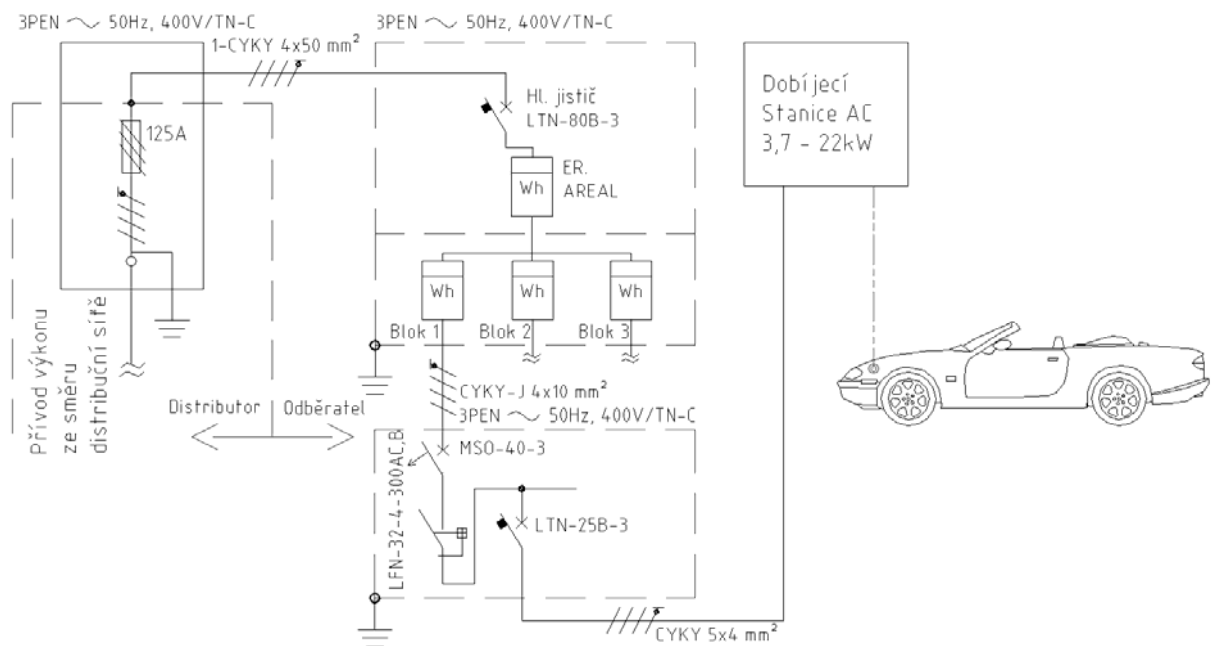
V případě, že je vozidlo připojeno pohyblivým přívodem v síti TN a je připojeno k zásuvce jištěné v elektroinstalaci s RCD typu A s rez. proudem 6 mA DC, je nutné kombinovat tuto ochranu s ochranou RCD typu EV nebo DD. To zajišťuje odpojení od zdroje při překročení stejnosměrné složky s reziduálním proudem 6 mA DC ve wallboxu. To, že zařízení disponuje zmíněnou ochranou, by mělo být stanoveno ve všech dokumentech příslušného prohlášení o shodě s požadavky v IEC 62955 k danému zařízení. [18]

V případě pevného připojení s wallboxem s ochranou RCD typu EV nebo B není nutné v síti TN mít předřazené RCD. Pokud v elektroinstalaci bude předřazený proudový chránič, musí být vzata v úvahu reziduální složka proudu v instalovaném wallboxu. To znamená, že pokud wallbox disponuje dvěma zásuvkami, pak předřazený RCD musí splňovat reziduální proud max. 12 mA DC. Každý vývod v zařízení musí obsahovat samostatný RCD prvek s ochranou rez. proudem 6 mA DC. Zároveň musí mít všechny RCD prvky ochranu před reziduálním střídavým proudem 30 mA AC. [18]

1.2.5 Nabíjení v zaměstnání

Nabíjení v zaměstnání je identické s nabíjením doma. V zaměstnání je větší pravděpodobnost nabíjení například z wallboxu a to zejména v případě, že ve firmě je větší vozový park, který čítá více elektromobilů. Výjimkou není nabíjení z běžné zásuvky, protože ne každé vozidlo má přiřazenou vlastní dobíjecí stanici.

Největší nárůst výkonu při nabíjení je v ranních hodinách od šesté do deváté, kdy zaměstnanci přijíždí do zaměstnání soukromými a služebními vozy. Další výkonové zatížení lze očekávat v odpoledních a večerních hodinách kolem šestnácté až dvacáté, kdy řada zaměstnanců nechává služební elektromobil v zaměstnání a připojí ho na dobíjecí stanici před odchodem. [4].



Obr. 12 Jednopolové schéma neveřejného nabíjení ve firmě

Jednopolové schéma, které je zobrazeno na Obr. 12, je obdobné, jako při domácím nabíjení. Přívod elektrické energie přes přípojkovou skříň distributora se nemění. Rozdíl bývá v odběratelské části, kde mají firmy jeden fakturační bod elektrické energie jako hlavní, a více podružných rozvaděčů s elektroměry pro vlastní přehled toku elektrické energie do jednotlivých budov v areálu. Další možností je, že se jedná o areál s více odběrateli. V tomto případě je jeden z vývodů určen k nabíjení elektromobilů. Běžně se v těchto případech využívá přímého měření přibližně do hodnoty 100 A. Odběry nad hodnotu 100 A se musí řešit nepřímým měřením, kde se potom instalují měřicí transformátory proudu, jako je popsáno ve schématu Obr. 5.

1.2.6 Nové trendy z pohledu energetiky

V oblasti energetiky došlo k velkému rozvoji zejména v takzvaných Smart Grids (Chytrých sítí). Jedná se zejména o chytré trafostanice, od kterých se očekává velký vliv na spolehlivost, řízení a kvalitu dodávané elektrické energie.

Proto, aby bylo dosaženo co nejlepších parametrů sítě, se očekává implementace různých funkcí, které jsou schopny tyto optimální parametry zajistit. [6]

Řízení a monitoring sítě v sobě zahrnuje především dálkové ovládání odpínačů a vypínačů na rozvaděči VN pomocí motorových pohonů.

Díky využití vzdálené diagnostiky sítě, se shromažďováním provozních dat v těchto nových typech stanic, je distributor schopen sledovat vytížení stanic v časové ose 24 hodin. Dále je možné sledovat parametry kvality elektrické energie, jako je činný a jalový výkon, účinník a mnohé další.

Nastavený standard chytrých stanic umožní případné budoucí propojení s ostatními technologiemi Smart Grids jako jsou kogenerace, fotovoltaika, baterie nebo právě elektromobilita.

Řešení krizových situací, které jsou způsobeny přetížením sítě jsou následující. Stanice na úrovni VN je možné pomocí dálkového ovládání odpojit nebo přepojit, a zajistit tak spolehlivou dodávku elektrické energie, například do životně nebo ekonomicky důležitých zařízení.

Všechny tyto zmíněné funkce budou sloužit k dalšímu využití nových technologií. V tomto případě k rozvoji dobíjecí infrastruktury a elektromobility. Pomocí těchto technologií bude možné řídit například dobíjecí infrastrukturu a využívat tak decentralizované zdroje.

Příkladem může být rodinný dům, který bude mít fotovoltaické panely, které budou připojeny k bateriím v garáži rodinného domu. Tyto baterie se budou nabíjet v době nepřítomnosti elektromobilu a v okamžiku plné kapacity nabití baterií budou dodávat energii do distribuční sítě. Ve chvíli, kdy uživatel připojí elektromobil do zásuvky, bude tato energie

z baterií nabíjet vozidlo. Po vyčerpání kapacity baterií dojde k přepnutí na nabíjení z distribuční sítě. Tento způsob využití je stále ekonomicky nákladný.

Dalším příkladem, jak využívat chytré sítě, může být stav, kdy vozidlo stojí v garáži nabitě na plnou kapacitu baterií a je připojeno do wallboxu. V tento okamžik vozidlo energii z baterií nepotřebuje a může jej vrátit do distribuční sítě k jinému využití. K takové součinnosti je zapotřebí chytré technologie elektromobilu a zároveň přístupnosti SmartGrid technologie řízení ze strany distributora. Na takovém konceptu pracuje například automobilka Nissan s vozidlem Re-Leaf. Koncept umí energii z baterií vracet do sítě a vyrovnávat tak špičky v rozvodné síti. V této souvislosti se hovoří o takzvaném V2G [19].

1.3 Současné možnosti dobíjecích stanic

Dosud byly zmíněny různé typy připojení dobíjecích stanic z pohledu distributora elektrické energie. Dobíjecí stanice byla popsána jako černá skříňka, ke které uživatel přijede s elektromobilem, a skrze skříňku nabije baterie instalované ve vozidle. Nyní budou tyto stanice podrobněji rozebrány, zejména z pohledu uživatele a elektrických vlastností.

Dobíjecí stanice zaznamenaly v posledních letech obrovský boom. Na trhu lze najít nepřeberné množství výrobců různých typů stanic s různými parametry. Pro bližší představu bylo tabelárně zpracováno několik typů nástěnných a samostatně stojících dobíjecích stanic různých výrobců pro pomalé a rychlé nabíjení, ze kterých je možné vyčíst především běžné elektrické parametry. Primárně se jedná o parametry, které jsou stěžejní pro elektroinstalaci, uživatelské využití a rychlost nabíjení.

1.3.1 Pomalé dobíjecí stanice

Pomalé dobíjecí stanice, jak již bylo zmíněno v kapitole 1.2, jsou stanice s nabíjecím výkonem do 22 kW. Tyto stanice jsou specifické především tím, že v sobě nemají integrovaný měnič ze střídavého na stejnosměrné napětí. Stanice takového typu jsou běžně instalovány v jednofázových nebo třífázových elektroinstalacích se standardními hodnotami jištění do 32 A.

Pomalé dobíjecí stanice bývají vyráběny v nástěnném provedení (viz Obr 13). Jedná se o již několikrát zmíněné wallboxy, ale také se lze setkat s provedením samostatně stojících stanic (viz Obr. 14). Nevýhodou samostatně stojících stanic jsou zejména rozměry. Stanice musí být instalována do podlahy, a to může být velký problém zejména u stávajících budov. V těchto případech dochází k omezení kapacity parkovacích míst. Na veřejných parkovištích bývají stanice instalovány do země s předpřipraveným základem, který může být v mnoha případech omezující pro ostatní inženýrské sítě.



Obr. 13 Dobíjecí stanice Wallbox Plus se zásuvkou T2 22 kW [8]



Obr. 14 Dobíjecí stanice Parking samostatně stojící montáž 22kW [9]

Tento typ stanic je, co se týče využití, velice rozšířený z mnoha důvodů. V první řadě pořízení wallboxu není finančně náročné a mohou si ho dovolit i menší firmy. Další výhodou je jednoduché ovládání pro uživatele.

Při nabíjení z běžné domácí zásuvky uživatel připojí elektromobil do zásuvky a v tu chvíli dochází k nabíjecímu procesu. Nabíjecí proud je za prvé určen jmenovitým proudem předradného jisticího prvku v elektroinstalaci, a za druhé samotné nabíjení je závislé na elektronice zařízení ve vozidle (měnič napětí, palubní dobíječ, BMS). V tomto případě není možné, aby uživatel, až na několik málo výjimek, ovlivnil průběh nabíjení.

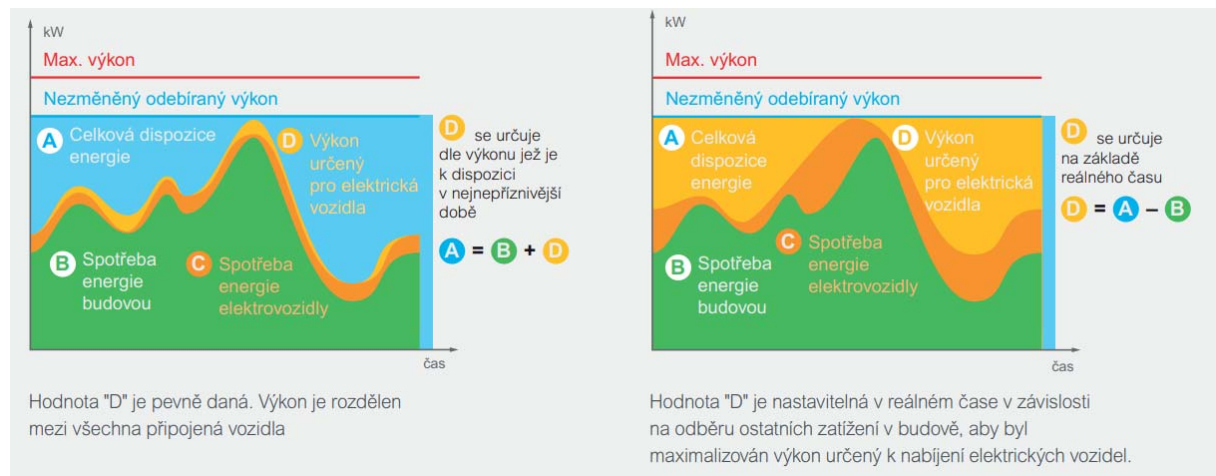
Nástěnné dobíjecí stanice jsou vybaveny bezpečnostními prvky, které se podílí na ochraně uživatele při poruše zařízení. Dále nabízí funkce, které zahrnují snadnou fakturaci při nabíjení, nastavení časových režimů spuštění nabíjení, rozložení elektrického příkonu při nabíjení více elektromobilů současně a mnohé další.

Využívá se odloženého nabíjení. Pokud má uživatel instalovaný přijímač hromadného dálkového ovládání a vícesazbový elektroměr, který umožňuje přepínání tarifů z vysokého na nízký, může si nastavit na wallboxu čas sepnutí nabíjení podle spínání HDO tak, aby využil levnějšího tarifu, například v určitých hodinách. Standardně je HDO vybaveno několika relé. Jedno relé slouží pro přepínání tarifů na elektroměru a další spínají stykače, které blokují vybrané energeticky náročné spotřebiče. Existují například sazby D27d, C27d, které jsou určeny právě pro nabíjení elektromobilů doma nebo ve firmách. Přepnutí na zmíněné tarify probíhá každý den od 18:00 do 8:00 hodin následujícího dne. Podmínkou pro přidělení sazby pro nabíjení elektromobilu je doklad o tom, že dotyčná osoba vlastní elektromobil a zároveň je v místě odběru instalována dobíjecí stanice. Dobu nabíjení lze díky stanici nastavit buďto místně ovládacími tlačítky nebo dálkově přes různá webová rozhraní (aplikace) dodávaná od jednotlivých výrobců.

Wallboxy v sobě mohou mít zabudovaný GPRS modul, který umožňuje uživatelům mobilní přístup do zařízení pomocí 3G a 4G sítě. Dále je v některých stanicích možnost vzdáleného přístupu pomocí integrovaného Wifi modulu, díky kterému se lze připojit do internetového prostředí. U lepších wallboxů nechybí komunikace pomocí protokolů, například OCPP. Jedná se o aplikační protokol, který umožňuje komunikaci mezi dobíjecími stanicemi a centrálním aplikačním systémem výrobce potažmo ostatních firem, které se komunikací zabývají. Pomocí takového protokolu je vytvořena síť dobíjecích stanic, které jsou spolu schopny komunikovat a v určitých okamžicích regulovat odebíraný výkon ze sítě, který si uživatel nastaví dle svých požadavků. [7]

Veškeré podrobnosti o nabíjení se ukládají na cloudové prostředí. Jedná se zejména o omezení výkonu, různé informační zprávy nebo nabíjení vozidel. Z cloudového prostředí může administrátor vyčíst informace o jednotlivých uživateli. Jednou z možností je nastavení proudového omezení v případě, že dojde k překročení jmenovitého proudu na hlavním jističi budovy nebo k překročení odebíraného příkonu v areálovém rozvodu.

Na trhu je mnoho způsobů, jak omezit proudové zatížení. Firma Schneider Electric řeší omezení výkonu statickým a dynamickým energetickým managementem (viz Obr. 15).



Obr. 15 Statický a dynamický management nabíjení Schneider Electric [7]

Statický management spočívá v nastavení určitého pásma odebíraného výkonu, který určen pouze pro nabíjení elektromobilů. Takový způsob omezení zajistí, že se výkon při nabíjení libovolného počtu elektromobilů rozloží do všech dobíjecích stanic rovnoměrně, a nepřekročí nastavenou hranici celkového odebíraného výkonu, ke kterému se přičítá provozní výkon budovy.

V případě dynamického managementu je sledován primárně celkový výkon, od kterého se odečítá běžná spotřeba budov. Tento rozdíl určuje využití výkonu pro nabíjení elektromobilu.

Další funkcí, kterou lze najít na dobíjecích stanicích, je spouštění nabíjecího procesu. První možností je připojení kabelu k vozidlu a zahájení nabíjecího procesu pomocí tlačítek umístěných na zařízení. Druhou možností je autentifikace RFID kartou (čipem), která má vnitřně přednastavené uživatelské informace o uživateli a jeho vozidle. Nabíjecí proces se spustí automaticky po přiložení karty ke čtecímu zařízení. Zároveň dochází k ukládání informací o nabíjení, které slouží k pozdější fakturaci za odebranou elektrickou energii.

1.3.2 Rychlé dobíjecí stanice

Rychlé dobíjecí stanice jsou stanice s instalovaným výkonem nad 22 kW. Jedná se o stanice, které jsou standardně napájeny střídavým napětím 400 V. Stanice v sobě mají zabudovaný výkonový měnič napětí AC/DC, který mění střídavý proud na stejnosměrný. Tento stejnosměrný nabíjecí proud se pohybuje přibližně v rozmezí 0-500 A. Kvůli velkému nabíjecímu proudu se využívají konektory CSS COMBO 2 a CHAdeMO. Dále bývají součástí stanice komunikační obvody, které komunikují s elektronikou ve vozidle. Některé typy stanic umožňují nabíjet elektromobily jak stejnosměrným, tak střídavým proudem. I tyto stanice disponují funkcemi, které byly popsány v kapitole výše. Zmíněné hodnoty dokládá zpracovaná tabulka v Příloze C s vybranými výrobci.

Tyto stanice bývají standardně instalovány jako samostatně stojící (zobrazeno na Obr. 16). Nově se s vývojem stanic objevují stanice v provedení nástěnném, ovšem s mnohem většími rozměry oproti pomalým dobíjecím stanicím.



Obr. 16 Rychlá dobíjecí stanice ABB [19]

V souvislosti s rychlými dobíjecími stanicemi je důležité zmínit nové generace stanic, u kterých se vžil termín Ultrarychlé dobíječky. První taková dobíjecí stanice byla nainstalována u hlavního silničního tahu z Prahy na dálnici D5 ve směru Beroun-jih. Stanice patří do skupiny IONITY a každý z dobíjecích bodů disponuje výkonem až 350 kW. Čas nabití výrazně zkracuje

velký výkon stanice. Tento velký výkon je podpořen novými 800 V bateriovými systémy, které se začaly instalovat například do vozidel Hyundai Ioniq 5. Další výrobci tento směr následují.

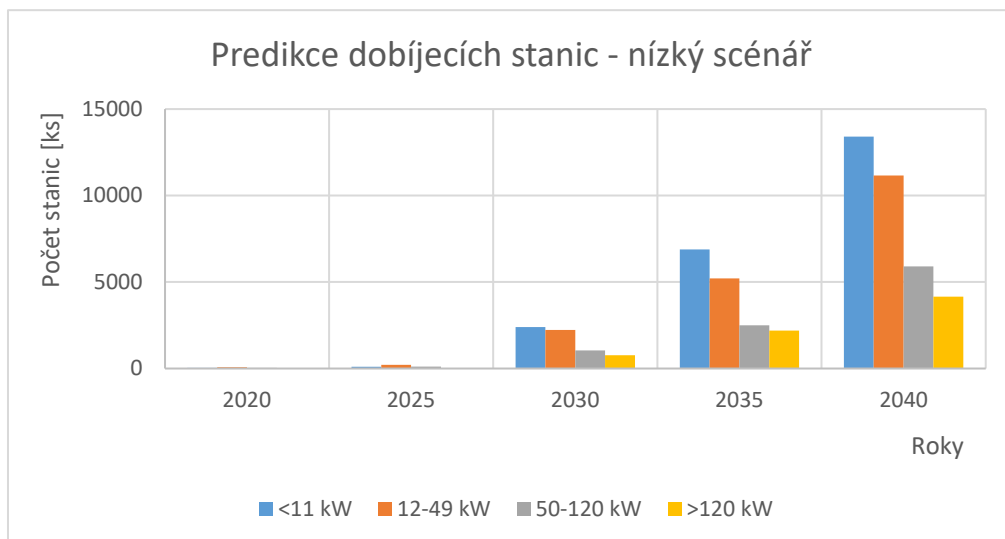
1.3.3 Predikce počtu veřejných dobíjecích stanic v ČR

Je možné se opět podívat na očekávané počty dobíjecích stanic v následujících letech, které byly převzaty z Dílčí studie pro Pracovní Tým A25 – Predikce vývoje elektromobility v ČR. Zjištěné výsledky vycházely z modelu, který zahrnoval očekávané počty elektrických vozidel v jednotlivých scénářích (Nízký, Střední, Vysoký), a zároveň byla provedena simulace, která předpokládala chování elektromobilů z hlediska využití, nájezdů a způsobu nabití. [4]

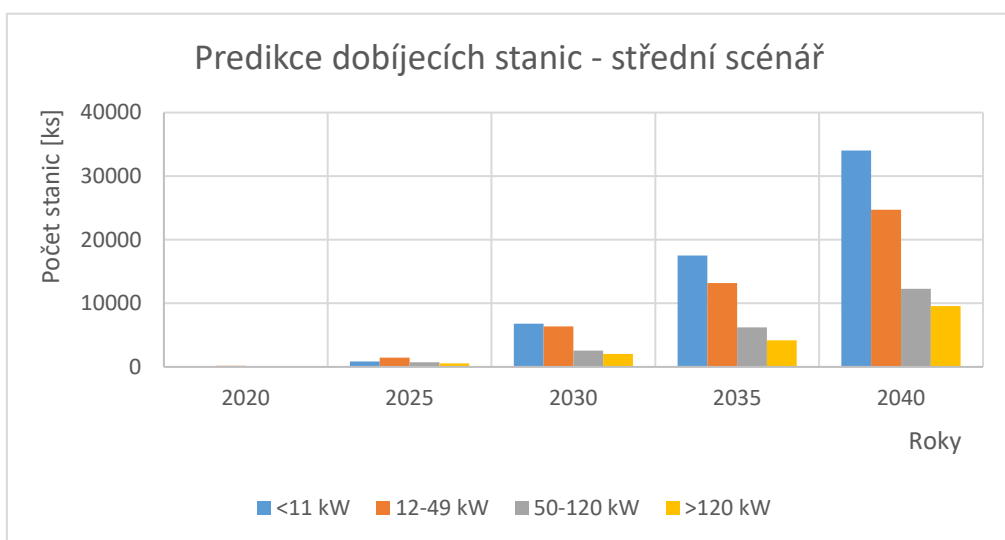
Scénář	Rok/ výkon dobíjecí stanice [kW]	2020	2025	2030	2035	2040
Nízký	<11	35	95	2388	6882	13411
	12-49	70	208	2227	5201	11155
	50-120	35	109	1044	2496	5895
	>120	0	24	758	2189	4152
	Celkem	140	436	6417	16768	34613
Střední	<11	77	839	6788	17494	34026
	12-49	159	1456	6354	13165	24698
	50-120	80	726	2551	6196	12275
	>120	23	548	2011	4165	9556
	Celkem	339	3569	17704	41020	80555
Vysoký	<11	255	5117	32574	56941	104285
	12-49	243	4873	21668	38095	70412
	50-120	241	2358	8859	20011	38663
	>120	163	323	3047	10156	23583
	Celkem	902	12671	66148	125203	236943

Tab. 3 Očekávané počty dobíjecích stanic v roce 2020 – 2040 [4]

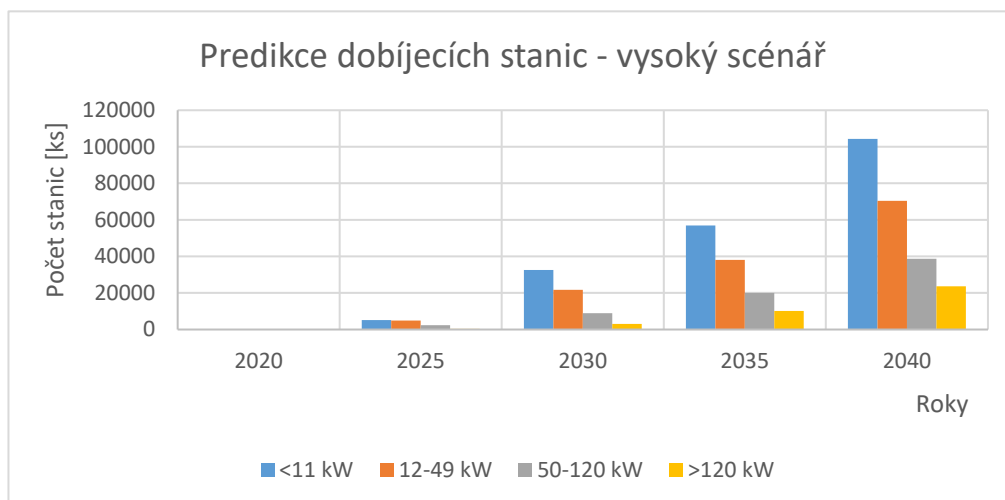
V Tab. 3 Očekávané počty dobíjecích stanic v roce 2020 – 2040 [4] Tab. 3 předpokládaných počtů veřejných dobíjecích stanic pro EV si lze všimnout důležitého trendu. Z hlediska instalovaného výkonu veřejných dobíjecích stanic je největší pravděpodobnost, že se v následujících letech budou instalovat především pomalé dobíjecí stanice s výkonem do 22 kW, 2x22 kW a rychlé dobíjecí stanice do 50 kW, které budou mít největší podíl na zatížení v distribuční síti. Tento předpoklad dokazují Grafy č. 3, 4 a 5 Predikce dobíjecích stanic ve všech modelovaných scénářích. Tento fakt je pro další práci v následujících kapitolách zásadní z hlediska výkonového zatížení sítě.



Graf. 3 Předpokládaný vývoj veřejných dobíjecích stanic – nízký scénář [4]



Graf. 5 Předpokládaný vývoj veřejných dobíjecích stanic – střední scénář [4]



Graf. 4 Předpokládaný vývoj veřejných dobíjecích stanic – vysoký scénář [4]

V únoru roku 2021 zveřejnilo Ministerstvo průmyslu a obchodu seznam dobíjecích stanic instalovaných na území ČR. Z dat, která byla zveřejněna, vyplývá, že ke konci roku 2020 bylo oficiálně evidováno 734 dobíjecích stanic s 1516 dobíjecími body. Dále se lze dočíst, že největší počet dobíjecích stanic vlastní tři největší energetické skupiny v následujícím pořadí ČEZ, PRE a E.ON, které provozují celkem 71 % všech dobíjecích stanic instalovaných na našem území. [25]

Porovnájí-li se skutečné hodnoty instalovaných dobíjecích stanic v ČR v roce 2020, a hodnoty předpokládaného vývoje z Dílčí studie z téhož roku. V tomto případě lze říct, že instalace nových dobíjecích stanic směřuje k vysokému scénáři predikce. [4]

1.4 Současné typy konektorů

S rozvojem elektromobility a dobíjecí infrastruktury po celém světě vznikly různé typy konektorů. V některých publikacích a na webových stránkách se označují jako standard. Tyto standardy jsou jiné například v USA, Evropě a v Číně. Kromě toho lze konektory rozdělit podle toho, zdali se jedná o nabíjení střídavé nebo stejnosměrné. Aby nebylo rozdělení tak jednoduché, vyvinuly se konektory kombinované pro oba typy nabíjení. Pro evropský trh byl stanoven standard, který zajistil sjednocení typů konektorů. Pro pomalé dobíjecí stanice byl zvolen konektor Typ 2 Mennekes a pro rychlé dobíjení CCS Combo 2.

1.4.1 Konektor Typ 1 Yazaki

Tento typ konektoru je využíván zejména ve vozidlech pocházejících ze zemí USA a Japonska. Jedná se o konektor pro střídavé napětí s maximálním nabíjecím výkonem 8 kW. Nabíjení probíhá pouze jednofázově s maximálním jmenovitým proudem 32 A a jmenovitým napětím 250 V. Komunikace probíhá prostřednictvím dvou signálových kontaktů.



Obr. 17 Konektor Typ 1 Yazaki [10]

Elektrické parametry standardu Typ 1 Yazaki (Obr. 17)

- Maximální nabíjecí výkon 8 kW
- Počet fází 1
- Počet výkonových kontaktů 3 (L1, N, PE)
- Výkonové kontakty Jmenovitý proud 32 A
- Výkonové kontakty Jmenovité napětí 250 V AC
- Počet signálových kontaktů 2 (CP, CS)
- Signálové kontakty Jmenovitý proud 2 A
- Signálové kontakty Jmenovité napětí 30 V AC
- Způsob přenosu signálu pulsně šířková modulace

1.4.2 Konektor Typ 2 Mennekes

Tento typ konektoru je využíván jako standard pro evropský trh. Používá se v režimu pomalého nabíjení a umožňuje přenést výkon až 22 kW pomocí pěti výkonových kontaktů. Komunikace probíhá prostřednictvím dvou signálových kontaktů.



Obr. 18 Konektor Typ 2 Mennekes [11]

Elektrické parametry konektoru Typ 2 Mennekes (Obr. 18)

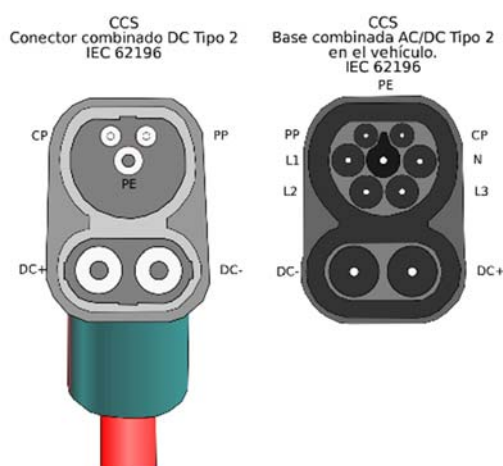
- Maximální nabíjecí výkon 22kW
- Počet fází 3
- Počet výkonových kontaktů 5 (L1, L2, L3, N, PE)
- Výkonové kontakty Jmenovitý proud 32 A
- Výkonové kontakty Jmenovité napětí 480 V AC
- Počet signálových kontaktů 2 (CP, PP)
- Signálové kontakty Jmenovitý proud 2 A
- Signálové kontakty Jmenovité napětí 30 V AC
- Způsob přenosu signálu pulsně šířková modulace

1.4.3 Konektor Typ 2 CCS Combo 2

Jedná se o kombinovaný konektor definovaný jako standard pro evropský trh. CCS je označení systému (Combined Charging Standard), který umožňuje používat jednu zásuvku na vozidle pro dva různé dobíjecí konektory. Tento systém vzešel z konektoru Typ 2 Mennekes, ke kterému se postupně přidaly dva spodní silové kontakty. Díky tomu vznikl konektor CCS Combo 2, u kterého došlo ke zlepšení nabíjecích vlastností s více způsoby nabíjení. Tento typ kabelu se vyrábí v provedení bez a s chlazením. Chlazení má vliv na maximální nabíjecí výkon. Nabíjet je možné buďto stejnosměrně bez chlazení do 250 kW. U kabelu s integrovaným okruhem chlazení vodou a glykolem lze přenést výkon až 500 kW

Elektrické vlastnosti konektoru Typ 2 CCS Combo2 (Obr. 19)

- Maximální nabíjecí výkon 250 kW DC (nechlazený), 500 kW (chlazený)
- Maximální nabíjecí výkon 22 kW AC (L1,L2,L3,N,PE)
- Maximální nabíjecí výkon 7,4 kW AC (L1,N,PE)
- Výkonové kontakty maximální proud 250 A DC (nechlazený), 500 A (chlazený)
- Napětí 1000 V DC
- Výkonové kontakty maximální proud 32 A AC (L1,N,PE)
- Výkonové kontakty maximální proud 32 A AC (L1,L2,L3,N,PE)
- Počet výkonových kontaktů 5 (L1, L2, L3, N, PE) pro střídavé nabíjení
- Počet signálových kontaktů 2 PP, CP – signalizace před a po vložení
- DC+, DC- pro stejnosměrné nabíjení



Obr. 19 vlevo konektor pro nabíjení DC a vpravo pro nabíjení DC, AC [12]

1.4.4 Konektor CHAdeMO (obr.20)

Tento konektor byl vyvinut v Japonsku pro rychlé nabíjení. Během jeho vývoje prošel několika vylepšeními a dnes bychom se mohli setkat s již šestou generací konektoru. Poslední generace těchto konektorů dosahuje stejnosměrného nabíjecího jmenovitého proudu 600 A a jmenovitého napětí až 1500 V. Přenášený výkon konektoru dosahuje až 500 kW.



Obr. 20 Konektor CHAdeMO piny CHAdeMO [13] [14]

Jednotlivé piny konektoru CHAdeMO

1. Územnění
 2. Řídicí relé
 3. Nepřiděleno
 4. Přípravenost pro nabíjení
 5. Záporný pól
 6. Kladný pól
 7. Kontrola připojení
 8. Datové připojení CAN
 9. Datové připojení CAN
 10. Řídicí relé
- [14]

1.4.5 Tesla konektor Typ 1 US (Obr.21)

Vlastní konektor vyrobila společnost Tesla. Konektor je využitelný pouze na stanicích Tesla Supercharger. Tyto konektory jsou schopny přenést výkon až 250 kW. V konkurenčním prostředí byla Tesla nucena vyrobit adaptéry CHAdeMo a CCS Combo 2 s koncovkou Tesla Konektorem.



Obr. 21 Tesla konektor Typ 1 US [15]

2. Určení vhodných lokalit k nabíjení elektromobilů

Určení vhodných lokalit, na kterých je možné prezentovat rozvoj nabíjení elektromobilů a tím pádem i dopad na distribuční síť, je zásadní. S jistotou lze říci, že v centru města je větší hustota lidí, tím pádem i větší pohyb vozidel, nežli je tomu například na jeho periferiích. Proto byly vybrány dvě rozdílné lokality s různými strukturami zástavby. Jedna zástavba se nachází v blízkosti centra města a splňuje typické znaky uzavřené blokové struktury. Blok domů je ohraničen z každé strany ulicí s chodníkem, parkovacím stáním a vozovkou. Jako druhá zástavba bylo vybráno místo na periférii hlavního města. Tento typ izolované zástavby se více podobá venkovskému typu s přízemními nebo vícepatrovými rodinnými domy s pozemky, které jsou umístěny podél hlavních příjezdových komunikací.

V těchto vybraných lokalitách se bude pracovat se skutečnými daty a zapojením distribuční sítě. Distributor PREdistribuce, a.s. si vyžádal anonymitu u zvolených lokalit. Z tohoto důvodu budou názvy ulic, bloků, a rodinných domů čistě náhodné.

2.1 Bloková struktura

Vybraná bloková struktura je tvořena z devatenácti domů, ve kterých se nachází celkem 288 bytů umístěných ve čtyřech až pěti podlažích. V přízemí jednotlivých bloků se nachází devět prostorů menší občanské vybavenosti (kadeřnictví, kavárna, restaurace apod.) a čtyři maloobchody s potravinami. Z energetického pohledu je bloková struktura připojena na středotlaký plyn a elektrickou síť nízkého napětí. Bloky jsou ohraničeny ulicemi, kde je celkem 89 parkovacích míst. V průběhu dne jsou parkovací místa téměř ze 100 % zaplněna vozidly rezidentů a vozidly osob cestujících do zaměstnání, za službami a kulturou.

2.1.1 Topologie distribuční sítě

Ve zmíněné blokové struktuře je distributorem elektrické energie PREdistribuce, a.s. Distributor provozuje distribuční síť, která kombinuje z pohledu topologie paprskovou a okružní síť. Princip takového zapojení je následující. Z jedné trafostanice je napájeno několik větví sítě nízkého napětí. Každá z větví končí v rozpojovací skříni, ve které mohou nebo nemusí být osazeny pojistky. Osazení pojistek je závislé na tom, zdali v daném bodě chceme napájet další větve směřující do dalších trafostanic. Důležité je, že větve mezi stanicemi musí být

rozpojeny, aby nedocházelo k paralelnímu chodu transformátorů, protože ten PREdistribuce, a.s. zásadně neprovozuje. Z jednotlivých větví jsou pak vyvedeny paprsky ke koncovým uživatelům. Výhodou takového zapojení je, že při poruše v určitém bodě větve, lze místo za poruchou odpojit a zbylou část větve napájet ze strany druhé.

Stanice musí být dostatečně dimenzované, aby dokázaly pokrýt jakýkoli poruchový stav z obou stran větví. Na jednotlivých paprscích jsou připojeny přípojkové skříně, které jsou určeny k připojení koncových odběratelů. Za přípojkovými skříněmi jsou umístěny elektroměry. Přípojkové skříně určují majetkovou hranici, a tedy předávací bod elektrické energie mezi distributorem a koncovým uživatelem na pojistkách uvnitř skříně. Tyto skříně jsou majetkem distributora.

V tomto případě se uvažují standardní přípojkové a rozpojovací skříně, které se používají v distribuční síti. V podnikové normě PREdistribuce, a.s. lze dohledat následující hodnoty.

SS 101/SS102/201			
Jmenovité pracovní napětí		V	690
Jmenovitý proud		A	400
Jmenovitý proud vývodů	SS101	A	250
	SS102		400
	SS201		250
Jmenovitý kmitočet		Hz	50
Průřez přívodních kabelů		mm ²	240
Průřez vývodních kabelů		mm ²	150

Tab. 4 Základní elektrické parametry přípojkových skříní [23]

SR 302/402/502			
Jmenovité pracovní napětí		V	690
Jmenovitý proud		A	400
Jmenovitý proud vývodů		A	400
Max. zatížitelnost příponic		A	620
Jmenovitý kmitočet		Hz	50
Průřez přívodních kabelů		mm ²	240
Průřez vývodních kabelů		mm ²	240

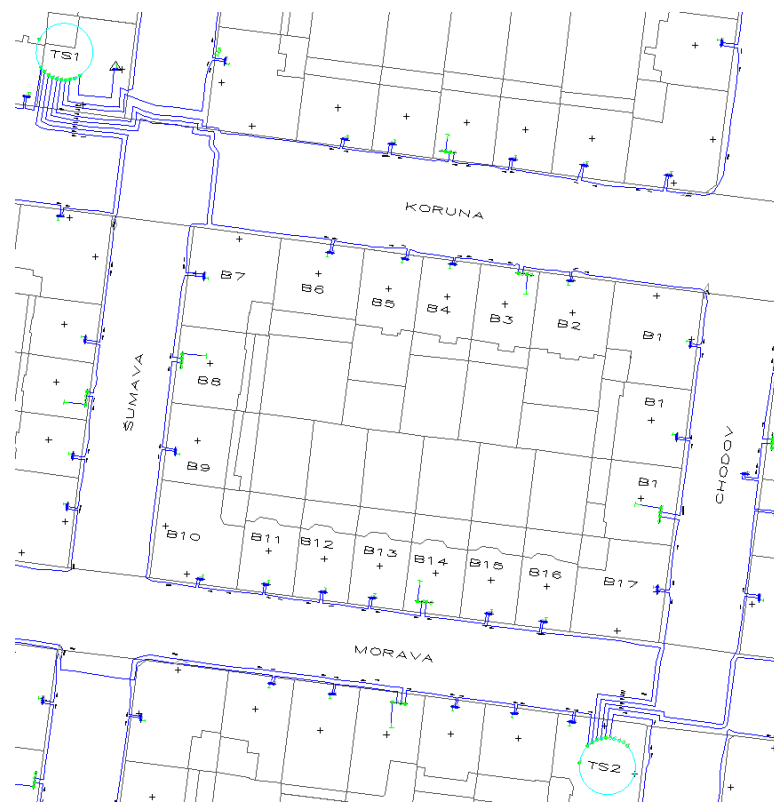
Tab. 5 Základní elektrické parametry rozpojovacích skříní [24]

Kabelové vedení v distribuční síti PREdistribuce, a.s. se sjednocuje na jediný typ kabelu s jednotným průřezem 240 mm², ačkoli je v síti spousta míst, kde by bylo možné nalézt menší průřez. Při obnovách a na nových úsecích se nově pokládají silové kabely typu 1- AYKY-J- OT 3x240+120 mm² s OT 12/8 s HDPE trubičkou v duši kabelu pro možné zavedení optického kabelu.

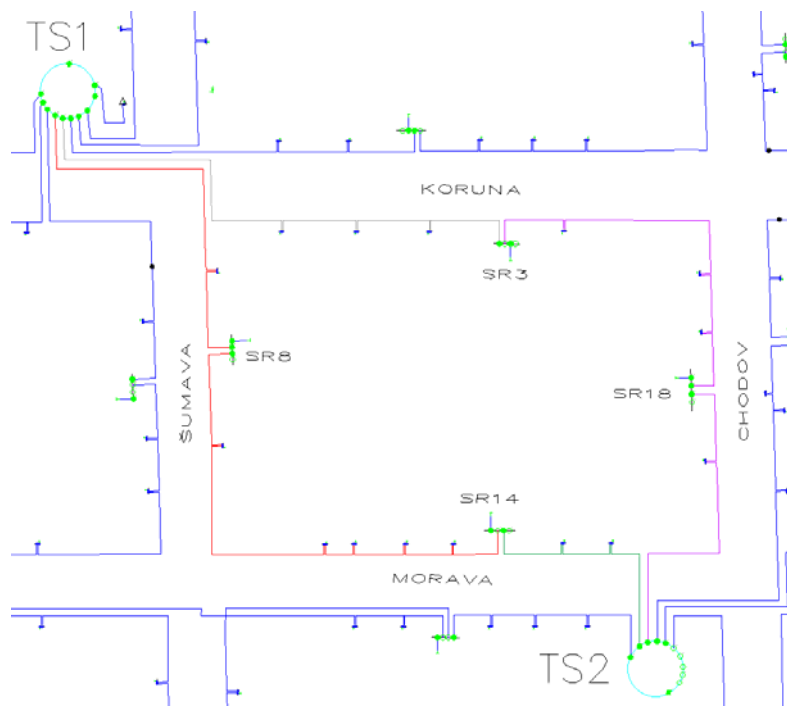
Počet a průřez žil		mm ²	3x240+120 s OT 12/8
Proudová zatížitelnost	v zemi	A	385
	ve vzduchu	A	366
Nejvyšší činný odpor jádra při 20 °C		Ω/km	0,125/0,253
Tvar jádra			sm+sm

Tab. 6 Základní elektrické parametry používaného kabelu [20]

Popis napájení blokové struktury bude zobrazen na Obr. 22. Stejná topologie zapojení by platila i pro ostatní oblasti. Úplný výkres zapojení včetně legendy je kvůli velikosti dokumentu vložen jako příloha H číslo výkresu 01. Bloková struktura je napájena na hladině nízkého napětí ze dvou trafostanic TS1 a TS2. Z každé stanice jsou do bloku položeny dva kabely výše zmíněného typu, které smyčkově spojují jednotlivé přípojkové skříně bloků B1 až B19. Kabely jsou ukončeny v rozpojovacích skříních SR3, 8, 14, 18 a tvoří jednotlivé napájecí paprsky sítě. V rozpojovacích skříních se jednotlivé vývody osadí nebo neosadí pojistkami v závislosti na tom, zda se budou napájet další větve nebo objekt, u kterého se skříň nachází. V Obr. 23 provozního schématu jsou barevně vyznačeny jednotlivé směry sepnutí. Ze stanice TS1 jsou napájeny bloky vyznačené červenou a oranžovou barvou s ukončením ve skříních SR8 a SR3. Zbylé dva kabely v provozním schématu označené zelenou a růžovou barvou napájí bloky do rozpojovacích skříní SR3 a SR14. Každý blok je napájen z jedné přípojkové nebo rozpojovací skříně. Dodržuje se tak zvyklost, že jedna skříň má jeden vchod nebo blok.



Obr. 22 Kabelová mapa 0,4 kV – stávající stav



Obr. 23 Stávající provozní schéma zapojení sítě 0,4 kV

2.1.2 Výpočet energetické bilance bytových a nebytových prostor

Protože se jedná o blokovou zástavbu, která se nachází na území Hlavního města Prahy, bude použita metodika, která je určena pro navrhování v distribuční síti PREDistribuce a.s. Společnost PREDistribuce, a.s. používá pro navrhování podnikovou normu PN KA 101, která vychází z normy ČSN 33 2130. V této normě se nachází normové hodnoty pro bytové jednotky a další typy občanské vybavenosti včetně retailů. Jednotlivá měrná zatížení bytových jednotek na úrovni hlavních distribučních prvků sítě vychází z praktických měření, kde jsou byty děleny do různých stupňů elektrizace. V tomto případě bylo zvoleno 60 % bytových odběrů elektrizace B1 (el. vaření bez ohřevu TUV) a 40 % bytových jednotek elektrizace B2 (el. vaření s ohřevem TUV) v jednotlivých časových pásmech dne. Nesoudobost je obsažena v měrném zatížení na bytovou jednotku.[21]

Výpočet zatížení na úrovni hlavních distribučních prvků sítě v jednotlivých časových pásmech dle [21]

$$P_{maxn_1} = p_{maxb} \cdot k_f \cdot \sum_{n=0}^{Bbn} B.j \quad (2.1)$$

Kde: P_{maxn_1} - je max. zatížení bytových prostor

p_{maxb} - je příkon na bytovou jednotku v závislosti na stupni elektrizace a na odběru v daném časovém pásmu

B.j.- je bytová jednotka

k_f - je koeficient ročního nárůstu

Bbn- je součet n-bytových odběrů

Stupeň el.	Pmaxb/[kW/b.j.]		
	dopoledne	večer	noc
B1	1,5	1	0,2
B2	1,5	1	2

Tab. 7 Charakteristické hodnoty zatížení v hlavních časových pásmech.[21]

V celkovém zatížení byl připočten meziroční nárůst předpokládaný od roku 2006 do následujících let jako koeficient k_f 1,07 % /rok.

U nebytových odběrů se standardně vychází z předpokládaného instalovaného výkonu na m² užité plochy. V tomto případě se jedná o malou občanskou vybavenost nacházející se v přízemí každého bloku, u nichž je předpokládán odběr během dne, protože přes noc jsou tyto služby zavřené. Lze je tedy započítávat pouze do dopoledního a večerního časového pásma. Z průzkumu na místě byla odhadnuta užité plocha na 75 m² v každém bloku.

$$P_{maxn_2} = \sum_{k=0}^{Bnk} (P_{inst.} \cdot p) \quad (2.2)$$

Kde: P_{maxn₂} - je max zatížení nebytových prostor

P_{inst.} - je maximální instalovaný výkon v kW na m² užité plochy

p – je užité plocha

Bnk - je součet k-nebytových odběrů

		P _{maxn₂} [kW]		
TS	Vývod	dopoledne	večer	noc
TS1	SR3	163,0	117,06	107,74
	SR14	202,08	144,64	135,8
Celkem TS1		365,08	261,71	243,54
TS2	SR14	84,97	64,89	59,27
	SR3	195,18	137,98	128,42
Celkem TS2		280,15	202,87	187,69

Tab. 8 Celková zatížení na úrovni hlavních prvků distribuční sítě

V Tab. 8 je vypočteno výsledné zatížení na úrovni distribučních prvků v různých časových pásmech. Z těchto hodnot je možné vyčíst, že největší zatížení ve vybrané blokové zástavbě je v dopoledních hodinách, poté večer a nejmenší zatížení můžeme pozorovat v nočních hodinách. Úplná tabulka, která zahrnuje výpočet zatížení po jednotlivých blocích se nachází v příloze D.

2.2 Izolovaná struktura s rodinnými domy

Druhá zástavba, která bude vybrána, se dle IPRu nazývá Otevřená izolovaná struktura. Jedná se o periferii města, která vznikla z historického jádra venkovské zástavby. Postupně se k ní rozšířila rodinná zástavba, která celou strukturu ovládla. V této zástavbě byly vybrány ulice s rodinnými domy se zahradami právě proto, protože uživatelé mohou nabíjet svá vozidla na svých pozemcích a jedná se právě o neveřejné nabíjení. Navíc je to oblast s energeticky náročnějšími požadavky na provoz a specifickými vlastnostmi distribuční sítě. [22]

2.2.1 Topologie distribuční sítě

Topologie sítě v oblasti je obdobná jako v předchozím případě. V této oblasti ještě neproběhla pravidelná obnova sítě, proto jsou stávající rodinné domy napájeny silovými kabely 1-AYKY-J 3x185+90PEN. Tato oblast je opět napájena ze dvou trafostanic TS11, TS22 s rozpojením přibližně v polovině napájeného úseku. Přípojkové skříně slouží rovněž jako předávací bod koncovým odběratelům. Mezi stanicemi bylo napočítáno 75 rodinných domů s jedním odběrem VO. Výkres zapojení včetně provozního schématu je kvůli velikosti oblasti součástí práce v příloze H.

2.2.2 Výpočet energetické bilance rodinných domů

Při výpočtu lze využít metodiku PN KA 101, která je určena pro navrhování v distribuční síti PREdistribuce, a.s. Ve vybrané oblasti se nachází rodinné domy s bazény, tepelnými čerpadly a dalšími energeticky náročnými zařízeními. Rodinné domy jsou kromě elektrické distribuční soustavy připojeny na plynovou soustavu. Z tohoto důvodu lze předpokládat vytápění ze 60 % plynem a ze 40 % tepelnými čerpadly. V tomto případě se bude počítat plošně se stupněm elektrizace B2. U rodinných domů lze předpokládat, že jednotlivé bilance v časových pásmech budou ovlivněny distribuční sazbou zvýhodňující některá energeticky náročná zařízení jako jsou právě tepelná čerpadla. Na druhou stranu, jak již bylo zmíněno v kapitole 1, existují zvýhodněné distribuční sazby pro domácnosti, které jsou určeny pro nabíjení elektromobilů. Na levnější elektřinu v nízkém tarifu mají odběratelé nárok každý den v rozmezí od 18:00 do 8:00 hodin. V tomto čase je velká pravděpodobnost ovlivnění bilancí právě přes noc, kdy uživatelé budou připojovat svá vozidla do sítě.

Z jedné přípojkové skříně je napájeno veřejné osvětlení s přibližně 56 světelnými body. Veřejné osvětlení se zapíná podle přednastaveného času v závislosti na období. V tomto případě lze pro jednoduchost předpokládat odběr v nočním časovém pásmu. Standardně se osazují světelné body zdrojem 75 W.

Výpočet zatížení na úrovni hlavních distribučních prvků sítě v jednotlivých časových pásmech dle [21]

$$P_{maxn_{12}} = p_{maxb} \cdot \sum_{n=0}^{Rbn} RD \quad (2.3)$$

Kde: $P_{maxn_{12}}$ - je max. rodinných domů

p_{maxb} - je příkon na rodinný dům v závislosti na stupni elektrizace a na odběru v daném časovém pásmu

RD - je rodinný dům

Rbn - je součet n-odběrů

Stupeň el.	Pmaxb/[kW/RD.]		
	dopoledne	večer	noc
B2	2,5	2	4,2

Tab. 9 Charakteristické hodnoty zatížení v hlavních časových pásmech.

TS	Vývod	Pmaxn ₁₂ [kW]		
		dopoledne	večer	noc
TS11	SR8	21,00	16,80	35,28
	SR25	51,00	40,80	85,68
	SR36	36,00	28,80	60,48
	SR66	24,00	19,20	40,32
Celkem TS11		132,00	105,60	221,76
TS22	SR36	22,50	18,00	37,80
	SR36	30,00	24,00	50,40
	SR66	25,00	20,00	42,00
Celkem TS22		77,50	62,00	130,20

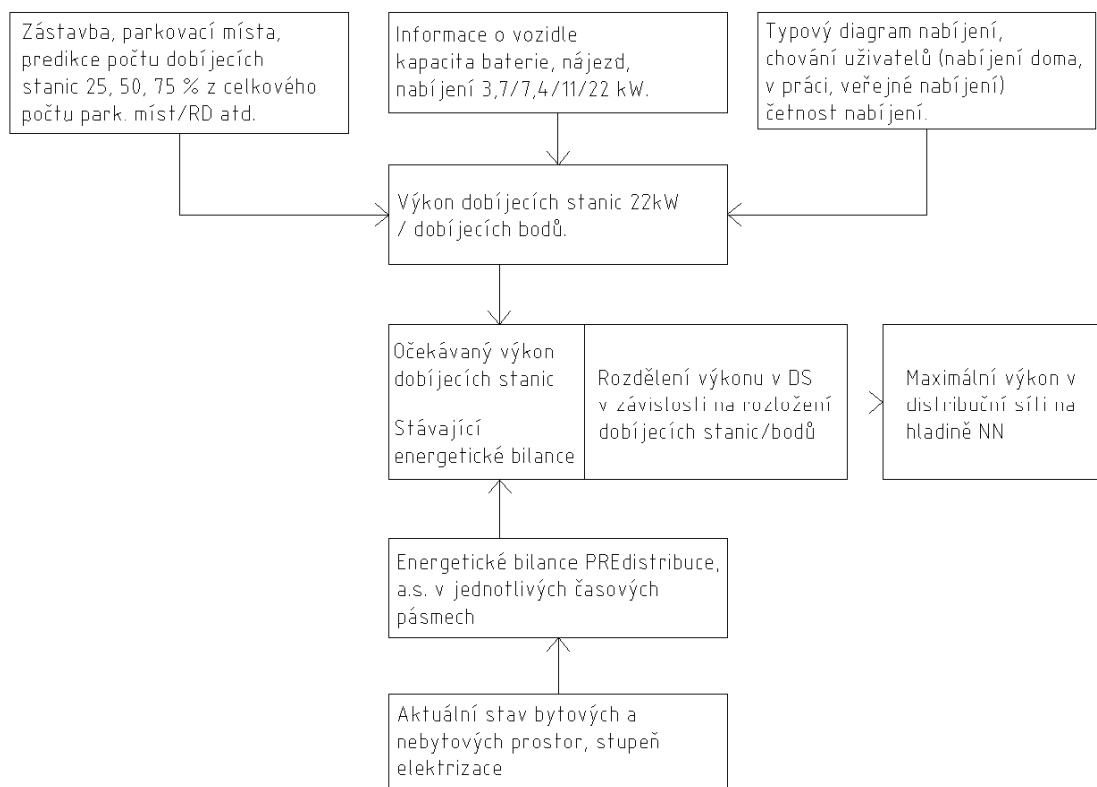
Tab. 10 Celková zatížení na úrovni distribučních prvků sítě

V Tab. 10 jsou vypočtené hodnoty zatížení v jednotlivých časových pásmech s přepočtem na jednotlivé kabelové směry. Největší zatížení je v nočních hodinách, což skutečně koresponduje s využíváním zvýhodněných tarifů nízkých sazeb.

Kdyby se porovnali bilance v blokové zástavbě s rodinnými domy, lze si všimnout, že výkonově jsou bilance v rodinných domech o řád nižší. To je dáno především hustotou zástavby. Dále je možné pozorovat jiná zatížení v různých časových pásmech. Bilance v rodinných domech jsou hodně ovlivněny různými tarify zvýhodňující odběr v nočních hodinách, ať už to jsou akumulace, přímotopy nebo tepelná čerpadla.

3 Současné možnosti nabíjení elektromobilů ve zvolených lokalitách

Aby bylo možné vyhodnotit vliv nabíjení elektromobilů ve zvolených oblastech, bylo by zapotřebí vytvořit vhodné zjednodušené schéma základních požadavků a vstupních proměnných, které budou působit na distribuční síť nízkého napětí. V první řadě se jedná o stávající zatížení sítě z kapitoly 2, kde byly vypočteny energetické bilance bytových a nebytových prostor. V druhé řadě se bude jednat o predikci nabíjecího výkonu dobíjecích stanic ve zvolených lokalitách. V tento okamžik lze s jistotou říci, že ve zvolených lokalitách je požadovaný příkon v distribuční síti na hladině nízkého napětí dostatečný. Jak tomu bude poté, co vznikne požadavek na určitý počet dobíjecích stanic, bude popsáno v této kapitole. Zjednodušené schéma výpočtu energetické bilance ve zvolených oblastech je zobrazeno na Obr. 24.



Obr. 24 Zjednodušené schéma výpočtu energetické bilance ve zvolených oblastech

3.1 Vyhodnocení vlivu nabíjení na distribuční síť v blokové struktuře

V této blokové zástavbě bylo při místním šetření napočítáno celkem 89 parkovacích míst. Lze předpokládat, že instalace dobíjecích stanic bude probíhat postupně v průběhu následujících let společně s rostoucí poptávkou po nabíjení. Ačkoli byly v kapitole 1 nastíněny predikce počtu stanic pro celou ČR, v tomto případě bude zohledněn menší vzorek dat. Proto je možné si stanovit počet instalovaných dobíjecích stanic procentuálně v závislosti na počtu parkovacích míst. Procentuálně se budou hodnoty přibližovat predikci ve vysokém scénáři počtu dobíjecích stanic v menším měřítku.

V této diplomové práci budou zohledněny tři scénáře zatížení. Konkrétně se bude jednat o scénář s 25, 50 a 75% obsazením parkovacích míst. V této chvíli je důležité zmínit, že se jedná pouze o modelový příklad a osazení parkovacích míst stanicemi by neprobíhalo skokově, ale postupnými požadavky na výkon. Nicméně proto, aby byly vidět rozdíly zatížení v jednotlivých scénářích, jsou tyto hodnoty dostačující. V praxi se využívá stejného způsobu výpočtu a postupem času se zjistí, zdali bude tolik dobíjecích stanic v jedné zástavbě potřeba či nikoli. Parkovací místa jsou veřejná a lze zvolit různé typy dobíjecích stanic s různým výkonem. Rychlé dobíjecí stanice v této zástavbě nejsou vhodné. Jsou určeny spíše pro tranzitní dopravu a rychlé dobití u dálničních tahů. Pro zvolenou lokalitu byly vybrány pomalé dobíjecí stanice s nabíjecím výkonem 22 kW. Tyto dobíjecí stanice jsou nejčastěji instalovány na veřejných místech v hlavním městě.

Scénář	Počet osazených park. míst [ks]	Celkový instalovaný výkon dobíjecích stanic [kW]
25 %	22	484
50 %	45	990
75 %	67	1474

Tab. 11 Počet dobíjecích stanic v zástavbě

Na trhu dnes existuje již mnoho druhů elektrických vozidel s různými kapacitami baterií a dojezdových vzdáleností. Zahrnout všechny druhy elektrických vozidel ve výpočtu je téměř nemožné. Proto je nezbytné zvolit si předpoklady, které výpočet značně zjednoduší. V tento okamžik lze vycházet z rad výrobců, kteří pro co nejdelší dojezd a nejdelší životnost baterie stanovují ideální podmínky. Na středně dlouhé vzdálenosti okolo 200 km je vhodné

využit elektromobil s kapacitou baterie 58 kWh. Baterie by se měla nabíjet přibližně od 30 do 80 % své kapacity, nebo do 100 % s přednastaveným časem výjezdu. Dnešní vozidla mají nejčastěji palubní dobíječky s výkonem maximálně 11 kW. Při takových podmínkách to bude znamenat nabití vozidla za 5 – 6 h s četností nabíjení 2 – 3 do týdne.

Dalším parametrem, který hraje v celkovém výkonu roli, je chování uživatelů elektromobilů. Chováním uživatelů se zabývá Dílčí studie pro Pracovní Tým A25. [4] Studie se zaměřuje na jednotlivé skupiny obyvatelstva, které bydlí v rodinných domech a v bytových jednotkách. Jednotlivé skupiny obyvatelstva mají rozdílné preference ve způsobu nabíjení v závislosti na tom, zdali mají přístup k soukromému nabíjení nebo tuto možnost nemají. Skupina obyvatel, která nemá přístup k soukromému nabíjení musí využívat veřejné dobíjecí stanice nebo nabíjení v zaměstnání. Tyto předpoklady vychází z detailního průzkumu provedeného v Norsku, kde je elektromobilita na vysoké úrovni. Přehled typových diagramů byl zpracován do tabulky, která tvoří přehled parametrů pro nabíjení včetně četnosti nabíjení v poměru obyvatel rodinných domů a bytových jednotek. [4]

V této zástavbě nelze určit poměr obyvatel, kteří v místě bydlí a nabíjeli by vozidlo z veřejné dobíjecí stanice. Zároveň nelze určit kolik vozidel do této lokality přijede. Bylo nezbytné přijmout zjednodušení, které alespoň přibližně stanoví daný poměr. V takovém případě je využít Institut plánování a rozvoje hlavního města Prahy (IPR). Jedná se o organizaci, která se zabývá zejména koncepcí architektury a urbanismu. Dále statisticky i vizuálně zpracovává informace týkající se technické a dopravní infrastruktury. Na webových stránkách IPRu je umístěna vizuální aplikace s pohybem obyvatelstva, kde lze alespoň v určitém rozsahu stanovit rezidenty a návštěvníky v této oblasti. Za takového předpokladu lze říci, že poměr rezidentů a návštěvníků je v poměru 50:50. Zvolené parametry budou vycházet ze čtvrtého vypočteného typového diagramu nabíjení.

TDN	1	2	3	4	5	6	7	8
Poměr Obyvatel v RD/(RD+BD) [%]	100 - 87,5	87,5 - 75	75- 62,5	62,5- 50	50- 37,5	37,5- 25	25- 12,5	12,5-0
Domácí nabíjení	69	59,4	49,3	39,4	29,6	19,7	9,9	0
Nabíjení v zaměstnání	20	26,9	33,8	40,8	47,7	54,6	61,5	68,4
Komerční nabíjení	2,5	3,4	4,2	5,1	6	6,8	7,7	8,6
Veřejné nabíjení pomalé	6	8,1	10,2	12,2	14,3	16,4	18,5	20,5
Veřejné nabíjení rychlé	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5

Tab. 12 Přehled parametrů časových pásmech.[4]

Proto, aby bylo možné určit zatížení distribuční sítě ve vybrané lokalitě, je nutné společně se zatížením nabíjení počítat s bytovými a nebytovými prostory, které velkou měrou budou zatížení ovlivňovat. Pro výpočet lze využít bilance z kapitoly 2. Tyto bilance byly záměrně počítány pro jednotlivé odběry v časových pásmech, aby bylo možné získat představu o maximu ve více vzorcích výpočtu. Energetická bilance stávajících bytových a nebytových prostor je rozpočítána na jednotlivé bloky, respektive na přípojkové skříně.

Díky provoznímu schématu sítě lze určit, kolik skříní je na jednom kabelu připojených a rovnoměrně rozložit nové stanice pro jednotlivé scénáře. S rostoucím počtem dobíjecích stanic se musí stanice rozmísťovat plošně, nikoli je umísťovat na jednom místě vedle sebe. Navíc je nutné brát v potaz, že noví uživatelé, kteří si budou pořizovat elektromobil, budou preferovat především pohodlnost a nebudou chtít jezdit z jednoho konce ulice na druhý, aby si mohli nabít své vozidlo.

Výpočet výkonu pro n-vývod

$$P_{max_{ns}} = \sum_{n=0}^{Bbn} B \cdot j + \sum_{k=0}^{Bnk} (P_{inst} \cdot p) + \left(\frac{NSns \cdot P_{instSt}}{Pv} \cdot k_{ns} \cdot k_{dn} \right) \quad (3.1)$$

Kde: $P_{max_{ns}}$ - je max. zatížení pro n-tý scénář

Bbn - je součet n-bytových odběrů

Bnk - je součet k-nebytových odběrů

P_{inst} - je maximální instalovaný výkon v kW na m² užitné plochy

p - je užitná plocha

$NSns$ - N-dobíjecích stanic

P_{instSt} - Instalovaný výkon stanice

k_{ns} - koeficient dobíjecí stanice

k_{dn} - koeficient diagramu nabíjení

			P _{max,ns} [kW]		
TS	Vývod	Scénář [%]	dopoledne	večer	noc
TS1	SR3	25	194,86	148,88	139,56
		50	226,68	180,70	171,38
		75	258,50	212,51	203,20
	SR14	25	233,90	175,24	166,90
		50	265,72	205,84	198,72
		75	297,54	236,43	230,54
Celkem na TS 1		25	428,77	324,12	306,47
		50	492,40	386,53	370,10
		75	556,04	448,94	433,74
TS2	SR14	25	116,79	97,53	94,59
		50	148,61	133,16	129,91
		75	180,43	168,80	165,22
	SR3	25	227,00	169,75	160,24
		50	258,82	201,56	192,06
		75	290,64	233,38	223,88
Celkem na TS2		25	343,79	267,27	254,83
		50	407,43	334,73	321,97
		75	471,06	402,18	389,10

Tab. 13 Výpočet výkonu pro různé scénáře rozložení dobíjecích stanic

			I _{max,ns} [A]		
TS	Vývod	Scénář [%]	dopoledne	večer	noc
TS1	SR3	25	281,3	214,9	201,4
		50	327,2	260,8	247,4
		75	373,1	306,7	293,3
	SR14	25	337,6	252,9	240,9
		50	383,5	297,1	286,8
		75	429,5	341,3	332,8
TS2	SR14	25	168,6	140,8	136,5
		50	214,5	192,2	187,5
		75	260,4	243,6	238,5
	SR3	25	327,6	245,0	231,3
		50	373,6	290,9	277,2
		75	419,5	336,9	323,1

Tab. 14 Proudové zatížení jednotlivých vývodů mezi stanicemi TS1 a TS2

V Tab. 13 jsou vypočtené výsledné hodnoty jednotlivých zatížení, na základě kterých je možné hodnoty analyzovat. Hodnoty byly přepočítány na jednotlivá proudová zatížení v ampérech do Tab. 14. S takovými hodnotami lze posoudit, zdali jednotlivé kabelové směry z pohledu proudové zatížitelnosti vyhoví či nikoli.

Na první pohled se v tabulce nachází hodnoty, o kterých je možné říci, že jednotlivé směry v určitých scénářích nevyhoví. Pro přesnější a rychlejší analýzu je využít program Sichr,

do kterého lze namodelovat každý vývod zvlášť. Základními parametry jsou typ kabelu 1- AYKY 3x240+120PEN, délka kabelového vedení přibližně 240 m, uložení v zemi, koeficient zatěžovacího proudu pro referenční způsob uložení nastavený na 0,9 a v neposlední řadě provozní teplota kabelu 70 °C. Vývod bude jištěn na vývodu ze stanice pojistkami gG 315 A. Při takovém nastavení lze očekávat zajištění selektivity, provozní teploty, splnění proudové zatížitelnosti a úbytku napětí, který nepřekročí 7-8 %. Při splnění všech parametrů odpovídá proudové zatížení max. 295 A. Nevyhovující hodnoty jsou v tabulce vyznačeny červeně.

3.2 Vyhodnocení vlivu nabíjení na distribuční síť v zástavbě rodinných domů

Ve vybrané zástavbě bylo při místním šetření napočítáno celkem 75 rodinných domů. Ty jsou napájeny celkem ze sedmi kabelových směrů ze stanic TS11 a TS22 dle provozního schématu v Příloze H. Protože se jedná o oblast s rodinnými domy, nepředpokládají se zde žádné veřejné dobíjecí stanice. Lze předpokládat pouze soukromé nabíjení na pozemcích. Stejně jako v blokové zástavbě, i tady si stanovíme tři modelové scénáře 25 %, 50 %, 75 %, které budou modelovat postupný nárůst instalací počtu dobíjecích bodů.

Ve vybrané zástavbě nebylo nutné počítat parkovací místa, tudíž procentuální instalace stanic bude stanovena z počtu rodinných domů. V kapitole 1 bylo zmíněno, že nabíjet lze jak z běžné jednofázové, tak třífázové zásuvky.

V předchozím příkladě byl použit wallbox s nabíjecím výkonem až 22 kW. V tomto příkladě se bude počítat wallbox s nabíjecím výkonem 11 kW. Tento typ stanic je nejčastěji nabízen výrobcem uživateli při koupi nového vozidla. Zda si uživatel přednastaví proudové omezení pro domácí nabíjení není možné ovlivnit, proto tento parametr nebude zahrnut do výpočtu.

Scénář	Počet dobíjecích stanic [ks]	Celkový výkon dobíjecích bodů [kW]
25 %	19	209
50 %	38	418
75 %	56	616

Tab. 15 Počet dobíjecích bodů rodinné zástavbě

Pro tento výpočet bude použit stejný elektromobil jako v předchozím případě. To znamená, že se stanoví ideální podmínky, za jakých výrobci doporučují využívat vozidlo.

Pro tento příklad se bude počítat s elektromobilem, jehož kapacita bude 58 kWh. Nabíjení baterií bude probíhat od 30 do 100 % kapacity.

Aby bylo možné stanovit chování uživatelů a jejich preference při nabíjení, využijí se parametry v Tab. 12, kde bude zvolen typ diagramu nabíjení. V předchozím příkladu byl uvažován pohyb elektromobilů na základě podkladů z webových stránek IPRu. Lze s jistotou říci, že vozidla budou nabíjet pouze rezidenti jednotlivých rodinných domů, a proto se využije diagram nabíjení z prvního sloupce.

Do celkového výpočtu je zapotřebí zahrnout energetickou bilanci z kapitoly 2. V energetické bilanci budou hrát roli zejména délky jednotlivých úseků vedení. Zatímco v blokové zástavbě byly délky okolo 250 metrů a méně. V rodinné zástavbě se délky pohybují okolo 400 metrů a více. V jednom případě byla změřena délka úseku dokonce 867 metrů, což při proudové zatížitelnosti, která se udává pro tento kabel typu 1- AYKY 3x185+90PEN, hraničí s nedodržením úbytku napětí na koncovém bodě sítě. Díky provoznímu schématu lze určit počet přípojkových skříní na jednom vývodu, a tedy i počet koncových odběratelů.

Výpočet výkonu pro n-vývod

$$P_{max_{ns}} = p_{maxb} \cdot \sum_{n=0}^{Rbn} + \left(\frac{NSnb \cdot P_{instSt}}{Pv} \cdot k_{ns} \cdot k_{dn} \right) \quad (3.2)$$

Kde: $P_{max_{ns}}$ - je max. zatížení pro n-tý scénář

p_{maxb} - je příkon na rodinný dům v závislosti na stupni elektrizace a na odběru v daném časovém pásmu

RD - je rodinný dům

Rbn - je součet n-odběrů

$NSnb$ - N-dobíjecích bodů

P_{instSt} - Instalovaný výkon dobíjecího bodu

k_{ns} - koeficient dobíjecího bodu

k_{dn} - koeficient diagramu nabíjení

			Pmax _{ns} [kW]		
TS	Vývod	Scénář [%]	dopoledne	večer	noc
TS11	SR8	25	41,33	37,13	55,61
		50	61,66	57,46	75,94
		75	81,99	77,79	96,27
	SR25	25	71,33	61,13	106,01
		50	91,66	81,46	126,34
		75	111,99	101,79	146,67
	SR36	25	56,33	49,13	80,81
		50	76,66	69,46	101,14
		75	96,99	89,79	121,47
	SR66	25	44,33	39,53	60,65
		50	64,66	59,86	80,98
		75	84,99	80,19	101,31
Celkem na TS11		25	213,32	186,92	303,08
		50	294,64	268,24	384,40
		75	375,96	349,56	465,72
TS22	SR36	25	42,83	38,33	58,13
		50	63,16	58,66	78,46
		75	83,49	78,99	98,79
	SR36	25	50,33	44,33	70,73
		50	70,66	64,66	91,06
		75	90,99	84,99	111,39
	SR66	25	45,33	40,33	67,79
		50	65,66	60,66	46,12
		75	85,99	80,99	108,45
Celkem na TS22		25	351,81	309,91	499,73
		50	494,13	452,23	600,05
		75	636,44	594,54	784,36

Tab. 16 Výpočet výkonu pro různé scénáře rozložení dobíjecích bodů

			Imax _{ns} [A]		
TS	Vývod	Scénář [%]	dopoledne	večer	noc
TS11	SR8	25	59,7	53,6	80,3
		50	89,0	82,9	109,6
		75	118,3	112,3	139,0
	SR25	25	103,0	88,2	153,0
		50	132,3	117,6	182,4
		75	161,6	146,9	211,7
	SR36	25	81,3	70,9	116,6
		50	110,7	100,3	146,0
		75	140,0	129,6	175,3
	SR66	25	64,0	57,1	87,5
		50	93,3	86,4	116,9

			I _{max_{ns}} [A]		
TS	Vývod	Scénář [%]	dopoledne	večer	noc
		75	122,7	115,7	146,2
TS22	SR36.1	25	61,8	55,3	83,9
		50	91,2	84,7	113,2
		75	120,5	114,0	142,6
	SR36.2	25	72,6	64,0	102,1
		50	102,0	93,3	131,4
		75	131,3	122,7	160,8
	SR66	25	65,4	58,2	97,8
		50	94,8	87,6	66,6
		75	124,1	116,9	156,5

Tab. 17 Proudové zatížení jednotlivých vývodů mezi stanicemi TS11 a TS22

Do Tab. 17 byly přepočítány jednotlivé kabelové směry na proudové zatížení z Tab. 16. Ačkoli zatížení na jednotlivých směrech není tak velké ve srovnání s katalogovou hodnotou kabelu, tak stejně při těchto hodnotách nevyhoví. Tady je nutné poznamenat, že požadovaný příkon rodinných domů nehraje v celkovém zatížení obzvlášť velkou roli, a to i přes to, že se jedná o energeticky náročnější zástavbu.

Hlavní roli v tomto případě hrají délky jednotlivých úseků. Při takových délkách, a požadovaném příkonu není dodržena především impedance smyčky, což vede ke snížení jmenovité hodnoty pojistek, a tím pádem na snížení proudové zátěže v daném úseku. Postupně byly přepočítány všechny kabelové směry v programu Sichr,

Ve směru TS11-SR25 nevyhoví kabelové vedení ani v jednom z možných scénářů. V tuto chvíli je proudové omezení na 100 A. V druhém nevyhovujícím směru TS11-SR36 vyšlo při analýze maximální zatížení na 145 A. Ve směru TS22-SR36 sice nevychází 75% scénář, nicméně při úvaze, že soudobost není stoprocentní a může se lišit, pak by bylo vhodné tento koncový bod sledovat podrobněji například přesným měřením. Posledním nevyhovujícím směrem je směr TS22-SR36.2. Zde opět nevychází zatížení se 75% scénářem, což bude vyžadovat zásah do sítě. Všechny přepočítané směry, které nevyhověly jsou vyznačeny v tabulce červeně. Ve čtvrté části této práce budou popsány další možné úpravy v distribuční síti.

4 Návrh změn distribuční sítě ve zvolených lokalitách

Při návrhu změn ve stávající distribuční síti je obecně důležité, v jaké oblasti se síť nachází. Je nutné brát v potaz, zdali se jedná o oblast sídlišť, blokové zástavby nebo okrajové části města. Dalšími aspekty, které hrají při úpravách sítě roli jsou ostatní média, jako jsou plyn, nebo centrální zásobování teplem, které se spolupodílí na dodávkách energií. Důležité je, že jakékoli změny a úpravy v síti musí být opodstatněné. A to především z toho důvodu, aby investice do jednotlivých úprav nebyly zmařené. Zároveň musí být všechny změny plánovány s výhledem na několik let dopředu, aby byl dostatečný čas na přípravu a projednání jednotlivých staveb.

Distribuční síť je živý organismus, kdy při jakékoli úpravě v jednom bodě sítě, se takový zásah projeví na jiném místě. Může se jednat o přepojení, připojení nebo odpojení. Dalším důležitým aspektem, který se musí brát v úvahu při úpravách, je ekonomická náročnost a výhodnost. Je nutné položit si otázku, zdali pouhým přepojením sítě, lze vyřešit nedostatečný příkon v některé z větví nebo je nutné řešit posílení sítě novými úseky, obnovami nebo větší hustotou nových distribučních stanic. V distribuční síti lze provést mnoho změn. Některé z nich budou popsány v následujících odstavcích. Provedené změny se budou týkat především distribuční sítě na hladině nízkého napětí, ačkoli navýšení příkonu a výstavba nových trafostanic má zásadní vliv na hladinu vysokého napětí. Kdyby se takové vymezení neprovedlo, došlo by se vlivem provázanosti sítě na vyšší hladiny 22 kV, 110 kV a tak dále. To ovšem není cílem této práce.

4.1 Možnosti úprav distribuční sítě

4.1.1 Výměna stávajícího kabelového vedení

Výměna kabelového vedení je nejjednodušší způsob modernizace stávající distribuční sítě. Mezi odbornou veřejností je výměna kabelového vedení označována jako obnova. Důvod takového označení bude popsán později. V době návrhu distribuční sítě by měly být uvažovány aktuální energetické potřeby pro danou oblast, a zároveň by měly odrážet energetický vývoj v horizontu několika následujících let. Při návrhu by měly být uvažovány nejnovější technologické prvky, kabelové vedení a kabelové soubory, které by měly zajistit maximální provozuschopnost a životaschopnost sítě. V případě kabelového vedení v zemi je životnost kabelů různá. Pohybuje se v rozmezí od čtyřiceti do padesáti let v závislosti na výrobcí a typu materiálu. Za tak dlouhou dobu se několikanásobně změní výkonové

požadavky u všech druhů zařízení a stávající kabelové vedení přestává vyhovovat z technických důvodů, například kvůli malému průřezu a nízké proudové zatížitelnosti kabelu.

V takový okamžik je navržena obnova stávajícího kabelového vedení v zemi, která zajistí dostatečné funkční využití do následujících let.

Nově se od roku 2018 zahájila přestavba distribuční sítě, která zahrnuje nový koncept Smart Grids. Takový koncept lze využívat pouze v okamžiku, kdy je soustava dostatečně propojena komunikací, kterou budou využívat právě chytré prvky sítě. Komunikace všech prvků v síti by měla probíhat po optickém vlákně. Optické vlákno je odolné vůči ostatním rušením a disponuje velkou přenosovou kapacitou. Vlákno je chráněno HDPE chráničkou, která je vložena do duše mezi jednotlivými žilami kabelu. Při obnově se v distribuční síti PREDistribuce, a.s pokládají kabely označením 1- AYKY- J - OT 3x240+120PEN, kde OT v označení znamená optická trubička.

Při takových obnovách jsou kromě nových kabelů obnoveny přípojkové a rozpojovací skříně, které splňují nové bezpečnostní a technické požadavky dle aktuálních norem. Skříně jsou nově vybaveny optickou trubičkou po vnitřní stěně, která je následně propojena s trubičkou z distribučních kabelů.

Další možností je vyvedení optické trubičky z přípojkové skříně do nejbližšího odběrového místa (vchodu). Tyto skříně mají rovněž v názvu označení OT optická trubička. Optické vlákno má kromě komunikace v síti pro budoucí řízení i následující využití. Je možné ho do budoucna využít i pro internetové připojení.

Nová pokládka optických trubiček do země v rámci výměny kabelového vedení je vlastně jednou z výhod. Lze najít další výhody, které jsou jak technického, tak ekonomického rázu. Kabelové vedení v zemi není tolik závislé na meteorologických podmínkách a nedochází u něho k tak častým poruchám v porovnání s venkovním vedením. Velkou výhodou je, že kabelové vedení v běžném provozu nikomu nepřekáží, protože je v zemi, a tím pádem esteticky nenarušuje prostředí.

Nevýhodou je horší detekce poruch, protože porucha není fyzicky vidět. Vyhledávání kabelů je obtížnější, protože se při „vypískání“ využívá signálu, který se indukuje při určité frekvenci do kabelu. Na povrchu se hledá s induktivním přijímačem. Podle síly signálu lze určit,

jakým směrem kabel vede a jak daleko je od přijímače vzdálený. Problém je, že vysoké frekvence se často přenáší do ostatních inženýrských sítí, a hledaný úsek kabelu je chybný.

Další nevýhodou jsou velké finanční náklady na stavbu, protože oproti venkovnímu vedení musí proběhnout zemní práce. Nejprve se musí vykopat rýhy, do kterých se kabely pokládají. Kabely jsou pokládány dle požadavků prostorové normy do předpřipraveného pískového lože. Pokládají se buďto s chráničkou proti poškození nebo bez chráničky podle situace v místě. Standardně se využívají vrapované trubky z PVC s průměrem 110 mm, které se obetonují nebo betonové žlaby velikosti TK1. Poté, co se kabely položí přichází na řadu záhozy, pravidelné hutnění, a nakonec se musí vrátit poškozené povrchy v chodníku nebo ve vozovce do původního stavu.

Zemní práce jsou na celé výměně kabelů nejnákladnější a na koordinaci s ostatními inženýrskými sítěmi nejobtížnější. Koordinace řeší prostorová norma ČSN 73 6005. V této normě je určeno prostorové uspořádání všech sítí při jejich souběhu a křížení. Zároveň doporučuje hloubku uložení v chodníku, ve vozovce nebo v zeleni podle typu sítě.

Další problémy, které se standardně při montážních pracích vyskytují, jsou dopravní omezení a omezení chodníků pro chodce. Důležité je, že se musí dbát na bezpečnost chodců, kteří komunikace pro chodce využívají. To samé platí i pro vozidla při překopech vozovky. V některých případech se využívají bezvýkopové metody založené na výplachu zeminy proudem vody z vrtné soupravy. Jedná se o takzvané podvrty, které jsou v husté zástavbě vždy nebezpečné, a to zejména v místech, kde je mnoho inženýrských sítí, které nejsou digitálně zaměřeny a ověřeny. Tento způsob průchodu pod komunikací se využívá zejména v místech, kde není možný překop, například z důvodu tramvajového tělesa, které není možné přerušit.

Bezpečnost při zemních pracích se řeší správným označením a zabezpečením výkopů proti pádu do rýhy. Konkrétně nařízením vlády o bližších minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na staveništích č. 591/2006 Sb. V případě hlavního města jsou navíc náklady navýšeny o odvoz a návoz výkopového materiálu na deponii včetně povrchů. Jedním z důvodů, proč se tak děje, je opět bezpečnost provozu dopravy a chodců. Dalším důvodem je často prostor, který je v zástavbě už takhle stísněný.

Poslední důležitý aspekt, který je z pohledu profese inženýringu zásadní, je zjednodušené projednávání výměny kabelů. V případě, že se jedná o výměnu kabelového vedení, nedochází k posouvání nebo rozšiřování stávajícího ochranného pásma, pak lze využít

stavebního zákona. Konkrétně zákona č. 183/2006 Sb, §79 odst. 2, kde se lze dočíst, že rozhodnutí o umístění stavby ani územního souhlasu se nevyžadují v odůvodněném případě. Příkladem může být následující:

- „Výměna vedení technické infrastruktury, pokud nedochází k překročení hranice stávajícího ochranného nebo bezpečnostního pásma.
- *Pokud stavby uvedené v odstavci 2 vyžadují provedení zemních prací nebo terénních úprav, je stavebník povinen zjistit si informace o existenci podzemních staveb technické infrastruktury a zajistit jejich ochranu.“ [26]*

4.1.2 Nové kabelové vedení

Novým kabelovým vedením je myšleno vedení, které není určeno jako náhrada za to stávající. V takovém případě se jedná o rozšíření stávající distribuční sítě o novou část. Tento způsob posílení sítě je v praxi běžný, ale podmínkou jsou volné vývody ve stávajícím distribučním rozvaděči trafostanice. Důvodem pokládky nového kabelového vedení může být požadavek na připojení nové oblasti s novou výstavbou, nebo se může jednat o výkonové posílení sítě ve stávající zástavbě. Realizace nového kabelového vedení probíhá stejným technickým procesem, který byl popsán v předchozích odstavcích.

V okamžiku, kdy je řeč o nové zástavbě, je pokládka kabelů z pohledu realizace vždy o něco jednodušší. Ve většině případů má novou výstavbu na starosti společnost, která se označuje jako HIP. Zpravidla se jedná o tým lidí složený z projektantů a architektů, kteří zastupují investora nové výstavby. Tento tým je u realizace od známého začátku až po finální fázi. Jedním z mnoha úkolů HIP je vytvoření projektových dokumentací pro povolování na stavebních úřadech. Projekty musí být zpracovány podle platných norem a podnikových pravidel. Dokumentace musí být technicky a obsahově správně dle vyhlášky 499/2006 Sb. a 503/2006 Sb. Všechny inženýrské sítě musí být zkoordinovány již v povolovací fázi a pro nové kabelové vedení bývá vymezen prostor dle prostorového uspořádání ČSN 73 6005. V této souvislosti je dobré zmínit dobu povolovacího procesu na stavebním úřadě, která bývá v závislosti na rozsahu nového kabelového vedení rozdílná. V praxi se jedná o dobu šest až osm měsíců.

Ukládání nového kabelového vedení do stávající zástavby je komplikovanější záležitostí. Nové vedení musí projít stejně jako v předchozím případě povolovacím procesem

dle platných vyhlášek. Při umístění nového vedení do stávající zástavby je zapotřebí se vypořádat se stávajícími inženýrskými sítěmi, které se v zemi nachází. V některých případech se jedná o staré nezaměřené a nikde neevidované sítě, o kterých není žádný záznam. Takové sítě je i přesto nutné brát v potaz při realizaci a chovat se k nim jako k sítím, které jsou v provozu.

4.1.3 Navyšování výkonu v distribučních trafostanicích

Jedním ze způsobů, jak zvýšit výkon v určité oblasti, je úprava stávajících distribučních trafostanic. V síti PREdistribuce, a.s. bylo k 31.12.2020 evidováno 3237 distribučních trafostanic. Valná většina z nich se nachází v zastavěném území. V síti PREdistribuce, a.s. se využívá zejména samostatně stojících (kioskových stanic) nebo stanic, které jsou umístěny uvnitř stávajících budov (vestavěné stanice). Základní transformační jednotkou v síti je olejový transformátor s výkonem 630 kVA se jmenovitým proudem 909 A. Transformátory o takovém výkonu jsou instalovány ve všech stanicích a výjimečně se osazují i s menším výkonem.

V podnikové normě společnosti PREdistribuce, a.s. KA101 je uvedeno, že v síti je optimální zatížení stroje stanoveno na 70 % jmenovité hodnoty. V případě manipulací, poruch a ostatních mimořádných stavů lze transformátory dočasně přetěžovat, ale pro běžný chod sítě v základním zapojení není přetěžování vhodné. [21] V některých oblastech se pro pokrytí odebíraného výkonu ve stávající síti využívají stanice jednostrójové nebo dvoustrójové. Příkladem takové jednostrójové distribuční stanice může být zapojení v kapitole 1 zobrazené na Obr. 9 a Obr. 10.

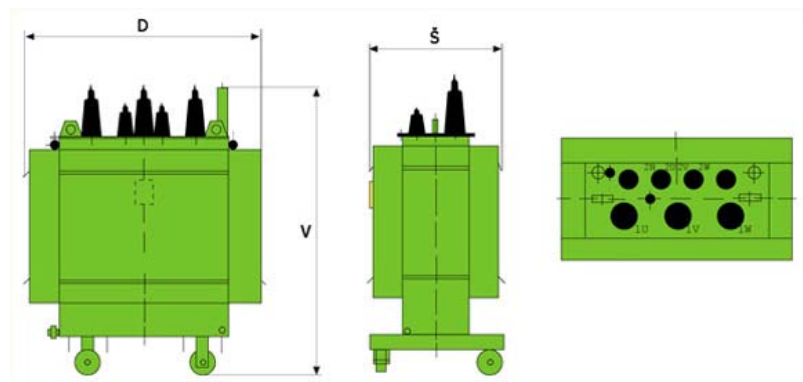
V případě, že v oblasti není možné zajistit dostatečné výkonové pokrytí, budou úpravy stávajících stanic nevyhnutelné. Jednou z možností je navýšení jmenovité hodnoty transformátoru z 630 kVA na 800 kVA se jmenovitým proudem 1154 A nebo dokonce na 1000 kVA se jmenovitým proudem 1443 A.

Výměna transformátoru se zdá být jednoduchá, ale kromě navýšeného výkonu s sebou nese několik problémů. Prvním problémem je stávající prostor, který je mnohdy už tak dost stísněný. S rostoucím výkonem rostou rozměry stroje. S rostoucími rozměry stroje se zvětšuje hmotnost. V případě, že se jedná o vestavěnou stanici, musí se posuzovat nosnost podlaží, případně řešit s ostatními profesemi vyztužení.

Dalším problémem při takové výměně je ztrátové teplo, které je potřeba ze stanice odvádět nucenou vzduchotechnikou, aby nedocházelo k přehřívání místnosti a transformátoru. V neposlední řadě s rostoucím výkonem transformátoru roste hlukové zatížení a vibrace, které mohou obtěžovat obyvatele v okolí. Hlukové zatížení lze eliminovat roletami s tlumiči. Vibrace se speciálními roznášecími vibračními deskami nebo izolátory chvění. Tyto rostoucí parametry s rostoucím výkonem dokládá následující Tab. 18.

Typ		Jmen. výkon [kVA]	P0[W]	Pk[%]	Uk[%]	LpA[dB]	D[mm]	Š[mm]	V[mm]	Hmotnost[kg]
DOTEL	630H/20	630	600	6500	4	45	1130	870	1690	1750
DOTEL	800H/20	800	650	8400	6	47	1300	950	1750	2000
DOTEL	1000H/20	1000	770	10500	6	48	1650	1000	1750	2500

Tab. 18 Parametry transformátorů [27]



Obr. 25 Rozměry transformátoru [27]

S navýšením jmenovitého výkonu transformátoru bude nutná kabelová úprava na sekundární straně. Jako vývod na sekundární straně se aktuálně u PREdistribuce, a.s. používají dva paralelní kabely s měděným vodivým jádrem. Konkrétně se jedná o typ 1- YYm 3x2//240+1x240 PEN. Při navýšení se jmenovitým výkonem transformátoru 1000 kVA bude výměna vypadat následovně.

Proud na sekundární straně transformátoru

$$I_2 = \frac{S_{tr,1000}}{U_{0,4} \cdot \sqrt{3}} = \frac{1000 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 1443 \text{ A} \quad (4.1)$$

Kde: S_{tr} - je jmenovitý výkon transformátoru

$U_{0,4}$ – napětí na sekundární straně

Pro vypočtený proud na sekundární straně lze využít například měděného kabelu s laněným jádrem s průřezem 240mm² do 1 kV. Tento typ kabelu se běžně používá na krátké vzdálenosti pro propojení z transformátorů do hlavních rozvaděčů. Proudová zatížitelnost na vzduchu je při 30 °C na vzduchu 775 A, proto je potřeba zapojit paralelně dva kabely. Nový propoj bude ve složení 1-NSGAFOU 3x2//240+240 PEN. Výhodou laněných kabelů je malý poloměr ohybu, který je ve stísněných prostorech stanice nutností.

Dále bude potřeba úprava v hlavním distribučním rozvaděči. Ve stávajících rozvaděčích bývá v přívodním poli jistič BL 1000 SE 305 se spouští SE-BL-J1000-DTVE a nastavením nadproudové spouště na I_r 909 A. Při jmenovitém proudu 1443 A bude nutné změnit jistič na BL 1600 SE 305 s nadproudovou spouští SE-BL-DTV3 a nastavením redukováného jmenovitého proudu I_r 1445 A. Pro měření bude nutné použít měřicí transformátory proudu 1500//5 A, 10VA, 0,5FS5. Zároveň musí být zvýšen jmenovitý proud hlavních přípojnic na minimální hodnotu 1600 A. Jmenovitou hodnotu zkratového proudu 36 kA obvodu rozvaděče stanovíme podle jističe, který je tuto hodnotu schopen snést po dobu funkce při zkušebních podmínkách. Jednotlivé vývody s pojistkovými lištovými odpínači se jmenovitým proudem 400 A zůstanou stejné. Počet vývodů u distribučního rozvaděče se pohybuje mezi 8 – 12. Takový počet je i po navýšení dostatečný. V případě dalšího rozšiřování je nutné počítat s prostorovou rezervou 100 mm na vývod.

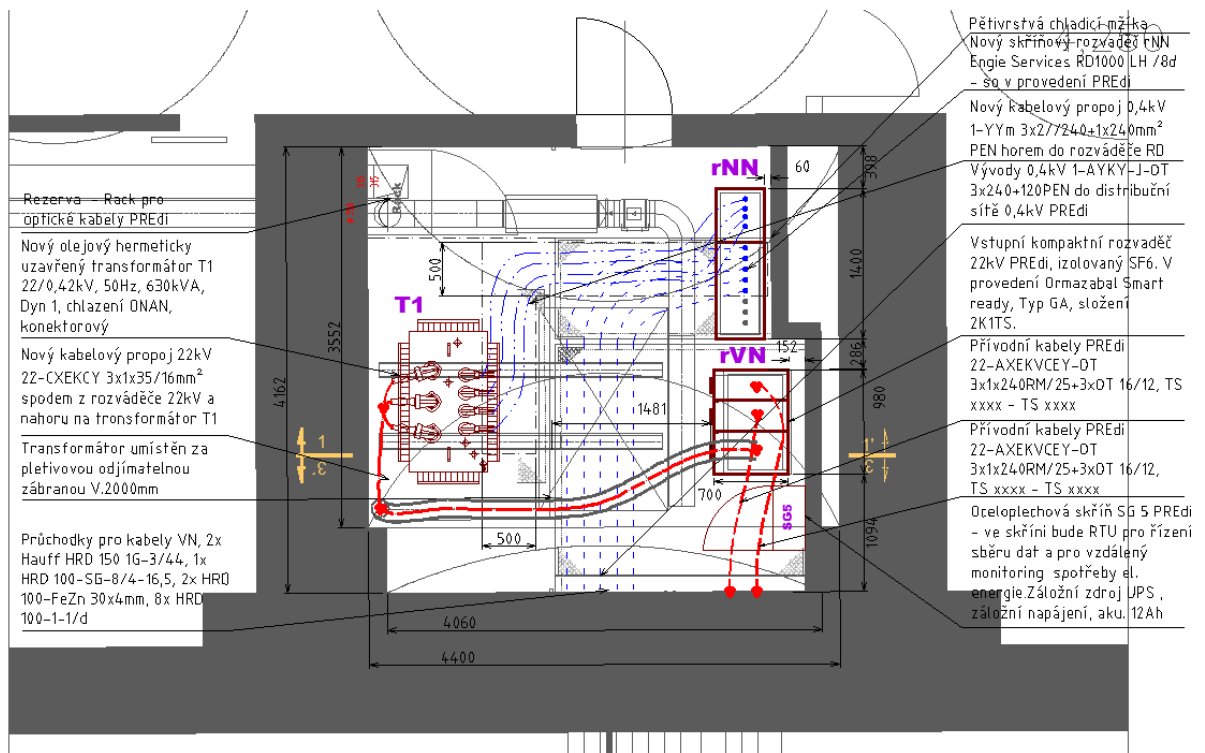
4.1.4 Nové distribuční trafostanice

Další z možností, jak zvýšit výkon ve stávající oblasti a zajistit tak dostatečné pokrytí je výstavba nové trafostanice. Důvodů pro výstavbu je hned několik. V první řadě se jedná o rozšíření stávající distribuční sítě v nové zástavbě. V některých případech není výhodné navýšení příkonu ve stávajících stanicích nebo není prostor pro navýšení, a proto je potřeba řešit posílení novou stanicí.

Aktuálně lze navýšení ve stávajících stanicích PREDi řešit pouze úpravou stanice z jednostrojové na dvoustrojovou, Jak již bylo zmíněno v odstavcích výše, v tuto chvíli PREDistribuce, a.s. nevyužívá jiné transformátory, než se jmenovitým výkonem 630 kVA. Nové trafostanice, které se staví v dnešní době, zapadají do konceptu „Smart Grids“ chytrých sítí. Trafostanice se označují jako „chytré“. Některé jejich přednosti byly popsány v kapitole 1 odstavci 1.2.6.

Výstavba nových trafostanic je poměrně složitý proces od samotného povolení až po realizaci a spuštění. V dnešní době je komplikované najít ve stávající zástavbě volný prostor, do kterého by bylo možné umístit trafostanici. Každý volný prostor je dnes přestavěn na bytový nebo na retailový. Pokud se dnes volný prostor najde, musí splňovat spoustu technických zásad, za kterých je možné stanici postavit. V krátkosti tyto zásady popisuje podniková norma PREdistribuce, a.s. KT 203 Zásady řešení vestavěných distribučních transformačních stanic. [28]

Prostory, které jsou určeny pro trafostanice musí být suché, bezprašné a bez jakýchkoli jiných inženýrských sítí. Stanice se standardně umísťují do suterénů, nebo do přízemních prostor vždy podél uliční čáry. V záplavových územích musí být stanice umísťovány pouze do 1. nadzemních podlaží. Prostory musí být větrány a musí do nich mít nepřetržitý přístup zaměstnanci společnosti PREdistribuce, a.s. Prostory stanice musí být připraveny pro stěhování transformátorů a ostatní technologie. V případě, že tomu tak není, musí se zřizovat dopravní stěhovací šachty. Místnost stanice musí mít minimální světlou výšku 2700 mm. Ve stanici musí být zřízen kabelový kanál nebo zdvojená podlaha kvůli poloměru ohybu u zatahovaných kabelů. Kabely se zatahují vždy přes speciální voděodolné průchodky přes nosné zdi objektů.



LEGENDA:

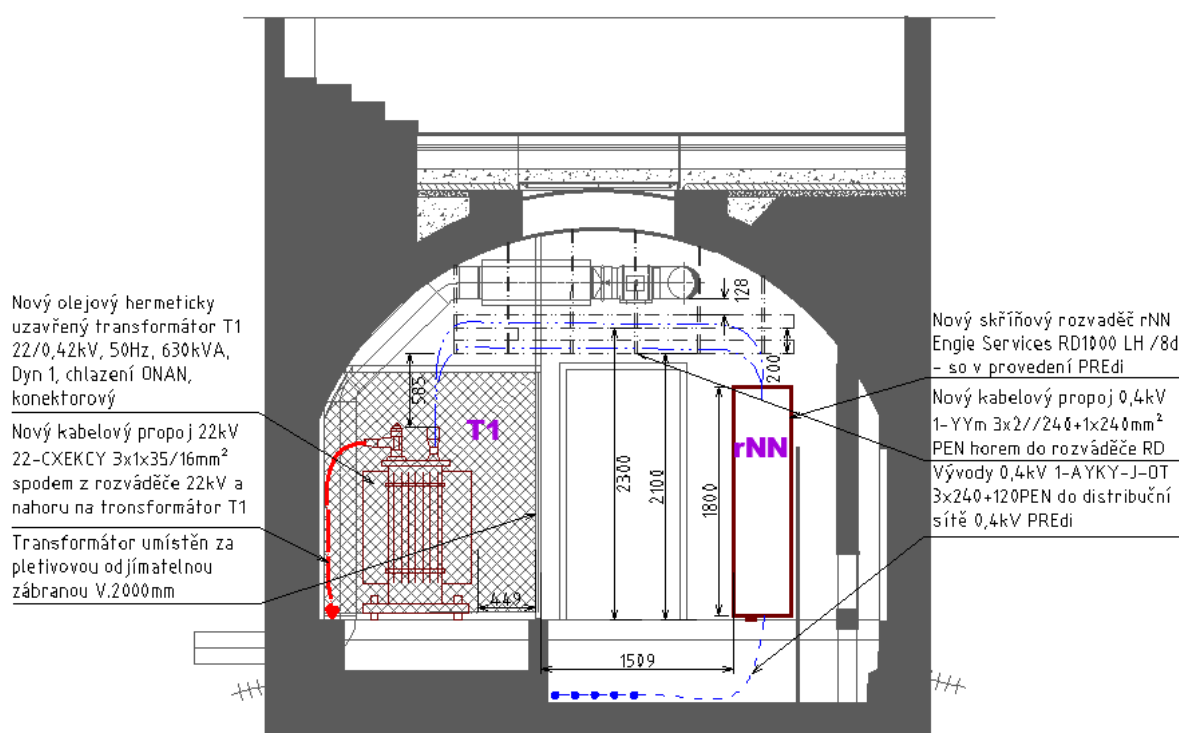
- Technologie
- Kabely VN - propoj na T1
- Kabely VN PREdi
- Kabely NN pod stropem / v kabelových lávkách

- Kabely NN v kabelových kanálech
- Lávky

Obr. 26 Půdorys trafostanice

Samostatnou kapitolou je uzemnění trafostanice, které je nutné navrhnout správně podle platných norem. Základní výčet norem je následující ČSN EN 61936-1, ČSN EN 50522, ČSN 33 3210, ČSN 33 3210, ČSN 33 3230, ČSN 33 2000-4-41, ČSN 33 2000-5-54, ČSN 33 2000-4-442.

Stanice musí být zároveň dimenzována na případný přetlak při poruše na rozvaděči vysokého napětí. Nosné zdi musí vydržet tlak o velikosti 20 kPa. Proto se například vestavěné stanice staví z vylévaných tvárnic nebo z litých betonů s armaturami. Popisem technologie trafostanice se zabývala kapitola 1. Na Obr. 26 a Obr. 27 jsou zobrazeny výkresy s popisem navržené stanice.



LEGENDA:

- | | | | |
|--|--|--|---------------------------------|
| | Technologie | | Kabely NN v kabelových kanálech |
| | Kabely VN - propoj na T1 | | Lávky |
| | Kabely VN PREdi | | |
| | Kabely NN pod stropem / v kabelových lávkách | | |

Obr. 27 Řez trafostanice

V síti PREdistribuce, a.s. je distribuční síť 22 kV řešena jako polosmyčková průběžná, přičemž každá smyčka musí vycházet v jedné a končit v druhé Rozpínací stanici (RS). Rozpínací stanice jsou napájeny z Transformačních napájecích stanic 110/22 kV. Maximální počet zasmyčkových trafostanic na jedné smyčce by neměl přesáhnout 11 MVA, což odpovídá 25 trafostanicím s průměrným vytížením 430 kVA. [29]

Výstavba nových trafostanic nebo zvyšování jejich výkonu má zásadní vliv na distribuční síť na hladině 22 kV. Při zvýšení výkonu trafostanic, například na 1000 kVA a průměrném zatížení na 700 kVA se sníží počet zasmyčkových stanic mezi dvěma RS na 15 trafostanic. Z toho vyplývá nutnost modernizace a větší hustoty napájecí a distribuční sítě na hladině 22 kV.

4.1.5 Systém HDO

Tento systém byl částečně zmíněn v kapitole 1. Systém hromadného dálkového ovládání je v ČR zaveden přibližně od 50. let minulého století. Jedná se o soubor technických prostředků (vysílače, přijímače, automatiky, přenosové cesty). Tento soubor technických prostředků funguje na principu vysílání nízkonapěťového signálu z transformačních napájecích stanic 110/22 kV po distribuční síti do přijímače. Vysílač tvoří výkonový tyristorový střídač. Přijímač je složen z rezonančního obvodu, dekodéru signálu a relé, které slouží jako akční člen pro spínání spotřebičů. Přijímač je umístěn u koncového zákazníka v rozvaděči u elektroměru. Běžně se lze setkat s vysílanými frekvencemi 183,3 Hz, 283,3 Hz a 216,6 Hz. [30] [31]

V počátku bylo HDO využíváno zejména k přepínání měření elektroměru mezi denním a nočním proudem. Důvodem byl výhodnější tarif přes noc, který měl nalákat zákazníky spotřebovat elektrickou energii v nočních hodinách, protože v tu dobu bylo energie přebytek. Později se začalo HDO využívat i v průběhu dne a vžilo se označení Nízký a Vysoká tarif. Dnes lze kromě Nízkého a Vysokého tarifu využít HDO pro spínání různých spotřebičů. Jde pouze o to, jakou sazbu má odběratel nasmlouvanou. Díky systému HDO je dnes možné řídit centrálně spotřebu elektrické energie a snížit tak zatížení v době největší spotřeby. [30]

Nevýhoda tohoto systému z pohledu zákazníka je především v tom, že sazba je časově omezena. Jako příklad lze uvést sazbu D27d, C27d pro dobíjení elektromobilu. Zákazník má možnost využít levnější elektřinu nízkého tarifu po osm hodin v době od 18:00 do 8:00 hodin následujícího dne. V případě požadavku na dobíjení mimo nasmlouvanou sazbu bude mít zákazník cenu za odběr jinou.

4.1.6 Pokročilý systém měření AMM

Pokročilý systém měření AMM je jeden ze způsobů inteligentního měření elektrické energie. Jedná se o nový způsob měření, který by měl být zaváděn do distribuční sítě na hladině nízkého napětí v roce 2024 zatím pouze pro skupinu zákazníků s odběrem nad 6 MWh ročně. Jde o soubor systémů, pomocí nichž bude možné měřit skutečnou spotřebu elektrické energie. Informace o skutečné spotřebě budou poskytovány zákazníkům, a na základě těchto informací budou moci zákazníci optimalizovat náklady na elektřinu dle svých spotřebitelských preferencí. Tento systém bude umožňovat zákazníkovi kontrolovat informace o spotřebě zdarma a ve vizuálním prostředí. [31] [32]

Podmínkou pro zavedení inteligentního měření je v první řadě výměna elektroměrů na „inteligentní elektroměry“. V druhé řadě bude potřeba vybudovat potřebnou komunikační infrastrukturu, která zapadá do koncepce Smart Grids. Pro distributora bude mít měření tohoto typu jisté výhody. Jednou z výhod bude dálkový odečet, a tím pádem snížení nákladů na manuální odečty. Další výhodou bude možnost dálkového odpojení, připojení nebo dokonce omezení výkonu. Distributor bude mít možnost blokovat určité typy spotřebičů. [31] [32]

Cílem inteligentního měření je optimalizace výkonu v distribuční soustavě. V takovém případě by tento systém mohl být nápomocný například při řízení výkonu v otázce zatížení distribučních stanic, a tím pádem i omezování výkonu při nabíjení.

4.1.7 Chytré sítě

Jednou z možností, jak optimalizovat a stabilizovat distribuční síť je využití automatizace a regulace. Aktuálně je distribuce elektrické energie založena na modelu jednosměrného toku, kdy elektrická energie proudí od výrobce k odběrateli. V takovém případě je pro distributora obtížné předvídat spotřebu jednotlivých odběratelů. Předvídatelnost a stabilitu by do budoucna mohla zajišťovat digitalizace a prvky umělé inteligence, které by mohly vyhodnocovat data o spotřebě a mohly by vytvářet predikce odběrů jednotlivých uživatelů. [33]

Budování chytrých sítí vychází z předpokladů, že v domácnostech se nachází čím dál více elektrických spotřebičů, které je možné zapínat v určitém časovém období během dne. Jedná se například o tepelná čerpadla, fotovoltaiky, ale i elektromobily. Stabilitu v distribuční síti bude možné zaručit pouze v případě, že chytrá distribuční síť bude moci komunikovat právě s inteligentními zařízeními v domácnostech. Bude například dostávat

informace o zahájení nabíjení elektromobilů v určité oblasti, tím pádem dojde k omezení výkonu v jiné oblasti. [33]

Takové využití předpokládá vytvoření poměrně robustního monitorovacího a kontrolního systému, který bude schopen tok energie mezi distributorem a odběratelem řídit. Dále se bude muset vytvořit komunikační infrastruktura, která zajistí přenos velkého množství zabezpečených dat. Mezi elektrickými zařízeními a distributorem elektrické energie se vytvoří komunikační „tunel“, který zpřístupní některým nežádoucím společnostem nahlédnout přímo do domácnosti za elektroměr. Velký důraz bude kladen na kyberbezpečnost. [33]

4.2 Úpravy distribuční sítě v blokové zástavbě

V předchozích kapitolách byly spočítány požadavky na nabíjecí výkon v blokové zástavbě pro jednotlivé modelové scénáře. Na úvod je potřeba říct, že se jedná o modelový příklad, kde jednotlivé scénáře osazení dobíjecích stanic v zástavbě jsou založené na predikcích z Dílčí studie. [4] Ze stávajícího zapojení sítě lze vyčíst, že v některých ostatních blocích jsou již přípojkové skříně pro osazení stanic připraveny přibližně pro 8 % vozidel celkového možného počtu. Úkolem není poukázat na nízký počet stanic nebo na nedostatečný nabíjecí výkon při aktuální poptávce. Úpravy, které povedou v prvním příkladu k zajištění dodávky požadovaného příkonu jsou reálné a proveditelné, ale z ekonomického hlediska jsou finančně poměrně náročné.

Oblast, která byla zvolena pro modelový příklad této diplomové práce, prošla rekonstrukcí v průběhu roku 2019-2020. Nyní jsou v této lokalitě osazeny nejnovější typy skříní, a silové kabely s maximálním možným průřezem. Je tedy zřejmé, že pouhá obnova silových kabelů s větším průřezem a proudovým zatížením, nebude dostatečná. V zástavbě, kde je starší distribuční síť, je možné využít příkon z více větví napájených z více trafostanic s rozpojením v rozpojovacích skříních. Jedná se o novou síť uspořádanou přesně podle podnikové normy KA 101 Zásady navrhování sítí NN. Jednotlivé větve vedou vždy z jedné trafostanice. Obcházejí blok z jedné strany ulice, a přecházejí do druhé stanice s rozpadovým bodem přibližně uprostřed úseku. Díky pravidelné blokové struktuře je výhodné, abychom takový stav propojení a jednoduchost zachovali.

Jedním z možných řešení, je připojení nových dobíjecích stanic ke stávající síti. Další možností je posílení sítě novými kabelovými směry s rovnoměrným rozložením výkonu

a přepojením stávajících odběrů. Návrh takového řešení je zpracován v příloze H výkrese č. 02 Kabelová mapa 0,4 kV – navržený stav.

Ve výkrese č.02 došlo k posílení stávající sítě následujícím způsobem. U kabelového směru TS1 – SR14 došlo k rozpojení v rozpojovací skříni SR8. Tím se výrazně zkrátil úsek napájení. Vznikl tak nový směr TS1 – SR8, do kterého byla přepojena část nabíjecího výkonu. V rozpojovací skříni SR14 byly osazeny pojistky a tím došlo k propojení stávajících bloků až ke skříni SR8. Vznikl tak směr TS2 – SR8.1. Ve směru TS2 – SR8.1 bylo zřízeno nové přípojné místo pro nabíjení, a zároveň byly přepojeny některé ze stávajících odběrů bloků. Do skříně SR8 byl navržen nový kabel, který vytvořil nový směr s označením TS2 – SR8.2. Kromě toho, že došlo k přepojení části výkonu bloků (B11, B10, B9) na směr TS2 – SR8.2, bylo zřízeno přípojné místo pro další dobíjecí stanice.

Obdobným způsobem byly řešeny směry z druhé strany bloku. Na směr TS1– SR3 byl osazen přípojný bod pro dobíjecí stanice. Ve směru TS2 – SR3 došlo k rozpojení v koncovém bodě SR3, a zároveň na něm byl zřízen přípojný bod pro dobíjecí stanice. Naopak byly odpojeny některé stávající odběry bloků (B19, B1, B2) a snížilo se tak zatížení ve větvi. Odpojené odběry byly připojeny na nový kabel z TS2. Nově vznikl směr TS2 – SR3.2, který je rozpojen v koncovém bodě SR3. Na tento nový úsek bylo opět připojeno nové přípojné dobíjecí místo.

Pokládkou dvou nových kabelů v této zástavbě, která byla popsána manipulacemi výše, bylo zajištěno rovnoměrné rozložení výkonu. Ze čtyř kabelových směrů byla zástavba přepojena na šest. Tímto způsobem zapojení byla zajištěna provozuschopnost, a jednotlivé směry po přepočítání proudově vyhoví viz. Tab. 19. Takové zapojení je reálné, ale kvůli rovnoměrnému rozložení výkonu by se musela ve velkém rozsahu upravovat stávající síť, která je na začátku své životnosti.

TS	Vývod	Scénář [%]	I _{max,ns} [A]		
			dopoledne	večer	noc
TS1	SR3	25	179,5	141,4	126,2
		50	210,2	172,1	156,8
		75	240,8	202,7	187,4
	SR8	25	124,1	98,7	93,1
		50	154,7	129,3	123,7
		75	185,4	160,0	154,3
	SR8.1	25	203,9	160,6	155,8

			I_{max,ns} [A]		
TS	Vývod	Scénář [%]	dopoledne	večer	noc
		50	234,5	191,2	186,4
		75	265,1	221,8	217,0
TS2	SR8.2	25	157,4	123,8	110,4
		50	188,1	154,4	141,0
		75	218,7	185,1	171,6
	SR3.1	25	115,2	92,8	89,2
		50	145,8	123,4	119,8
		75	176,4	154,0	150,4
	SR3.2	25	191,0	146,2	139,1
		50	221,7	176,8	169,7
		75	252,3	207,5	200,3

Tab. 19 Úprava sítě v blokové zástavbě

Následující text bude brát v potaz trochu reálnější 25% scénář. Takové osazení stanic v síti může nastat v časovém rozmezí 10 až 15 let. Na tomto příkladě si lze ukázat, jakým způsobem se řeší dnešní posilování v distribuční síti. Zapojení není z pohledu rozložení výkonů, tak výhodné jako to předchozí, ale je o něco jednodušší a není potřeba větších zásahů do nových kabelů z roku 2019.

PREdistribuce, a.s. nově v synergii s THMP začala osazovat nové typy lamp veřejného osvětlení. Kromě toho, že mají lampy nový typ svítidla, tak je na patě stožáru instalována přípojková skříň pro zasmyčkování distribučních kabelů. V této skříni je osazena pomalá nabíjecí stanice s nabíjecím výkonem až 22 kW. Tento typ dobíjecích stanic je nový trend, ve kterém chce PREdistribuce, a.s. společně THMP pokračovat.

Na výkrese č.03 je zapojení společně se synergií zakresleno. Jedná se o připojení veřejného osvětlení přímo z distribučních kabelů PREdistribuce, a.s., které jsou primárně využity k připojení přípojkových skříní. Ve výkrese nedošlo ke změně směrů, protože k napájení nových dobíjecích stanic jsou navrženy nové kabely, které smyčkují co možná největší počet přípojkových skříní umístěných na patách sloupů. Takové zapojení má jednu malou nevýhodu, a to že ve skutečnosti je omezený počet stožárů veřejného osvětlení, a tím pádem omezený počet instalací dobíjecích stanic. Proto jsou zbylé dobíjecí stanice připojené podél parkovacích míst jako přípojné body. V tomto případě je víceméně celý nabíjecí výkon na nových kabelech až na několik málo výjimek. Po přepočítání všechny kabelové směry vyhoví viz Tab. 20.

TS	Vývod	Scénář [%]	Pmax _{ns} [kW]			Imax _{ns} [A]		
			dopoledne	večer	noc	dopoledne	večer	noc
TS1	SR3	25	174,5	128,5	119,2	251,9	185,5	172,0
	SR14		213,5	156,1	146,5	296,4	225,3	211,5
TS2	SR14		85,0	61,9	59,3	122,6	89,3	85,5
	SR3		195,2	137,9	128,4	281,7	199,1	185,4
	SR8		45,8	45,8	45,8	66,0	66,0	66,0
	SR3.1		57,2	57,2	57,2	82,6	82,6	82,6

Tab. 20 Úprava sítě v blokové zástavbě, synergie s VO

V rámci posílení stávající sítě byl vypracován odhad nákladů z databázi cenové soustavy URS a PREDistribuce, a.s., který zahrnují nosný materiál a práce, které budou při realizaci provedeny. Do odhadu nákladů jsou zahrnuty položky na úpravu stávající sítě, a zároveň pokládku dvou nových kabelů. Do odhadu ceny nejsou započítány dobíjecí stanice včetně příslušného materiálu, náklady za projektovou dokumentaci a technické dozory. [34]

Název položky	Měrná jednotka	Množství	Celková cena bez DPH
Montáž hliníkových kabelů volně vč. materiálu	m	490	170 000,00 Kč
Spojky, ukončení, zaslepení, připojení vč. materiálu	kpl	1	143 000,00 Kč
Zednické práce, kalibrace, tlakování	kpl	1	50 500,00 Kč
Rozebrání a obnova povrchů vč. materiálu	m2	1150	1 853 200,00 Kč
Podkladní vrstvy ze štěrkodrti a z betonu	m2	1150	911 150,00 Kč
Hloubení rýh ručně do šířky 50 cm hloubky 80 cm	m	490	198 200,00 Kč
Zásyp rýh ručně do šířky 50 cm hloubky 60 cm	m	490	48 500,00 Kč
Pažení, montáž nových průchodek, oprava hydroizolace, zajištění ostatních sítí při křížení a souběhu	kpl	1	554 200,00 Kč
Zřízení pískového lože do 50 cm tloušťky 10 cm vč. Krycích desek a materiálu s tím spojeného	m	490	95 000,00 Kč
Montáž chrániček vrapovaných s obet. betonových žlabů vč. materiálu	kpl	1	68 200,00 Kč
Odvoz a návoz zeminy na mezideponii včetně nakládky a vykládky vč. poplatků	kpl	1	449 550,00 Kč
Zařízení staveniště vč. zajištění bezpečnosti	kpl	1	96 400,00 Kč
Náklady spojené s revizemi, zaměřením, vytyčením	kpl	1	337 400,00 Kč
Demontáže stávajícího vedení	kpl	1	278 350,00 Kč
Celkem			5 253 650,00 Kč

Tab. 21 Vypočtené náklady při navýšení výkonu blokové zástavbě

Při posilování sítě by se muselo položit přibližně 490 m nového silového kabelu 1- AYKY-J-OT 3x240+120PEN. Obnovení povrchů do původního stavu by znamenalo 1150 m². Realizace nových kabelů by stála přibližně 5,25 milionu korun bez DPH. Doba pokládky v takové délce a rozsahu by trvala 1 měsíc. Úplný rozsah nových kabelů je zakreslen ve výkrese č.03 Kabelová mapa 0,4 kV – navržený stav, synergie s VO, který se nachází v příloze H.

4.3 Úpravy distribuční sítě v zástavbě rodinných domů

Stejně jako v blokové zástavbě, i tady se lze najít řešení, jak úpravou sítě uspokojit všechny uživatele elektrických vozidel. Zatímco v blokové zástavbě byla řešena především stanice veřejného nabíjení, kde vliv na výstavbu má společnost PREdistribuce, a.s. U rodinných domů je tomu naopak, protože vše je v rukou rezidentů, kteří mohou nabíjet, kdy chtějí.

V blokové zástavbě je distribuční síť mnohem hustší. Stanice a rozpadová místa tam jsou mnohem blíže. V zástavbě rodinných domů jsou trafostanice od sebe mnohem více vzdálené. Stejně tomu je s jednotlivými větvemi a rozpadovými místy viz. Výkres č. 07 Kabelová mapa 0,4 kV – stávající stav v příloze H. Při použití podnikové normy KA101 společnosti PREdistribuce, a.s. se lze dočíst, že plošná hustota zatížení je udávána v jednotkách MVA/km². Zatímco v oblasti s velkou hustotou zástavby je plošná hustota až 30 MVA/km², tak u rodinných domů je hustota pouze 5 MVA/km², což je šestkrát méně.

Z těchto hodnot vyplývá omezení při úpravě sítě v zástavbě s rodinnými domy. Na krátké vzdálenosti se ztrácí možnost jednoduchého přepojování nebo doplňování nových kabelových směrů za účelem posílení sítě. Jednou z možností, jak posílit stávající distribuční síť, je pokládka nových kabelů, ale za cenu velkých nákladů.

Ve zvolené zástavbě byla stávající distribuční síť zprovozněna v roce 2005. Životnost kabelových souborů je přibližně 50 let a stávající kabely nejsou ani v polovině své funkční životnosti.

V takovém případě je zapotřebí posoudit míru zátěže na jednotlivé kabelové směry. Z vypočtených výsledků vyplývá, že kabelové směry TS11 – SR8, TS11 – SR66 a TS22 – SR66 vyhoví i při nejvyšším 75% scénáři zatížení. Je to dáno především tím, že stávající odběry rodinných domů jsou při soudobosti relativně nízké. Směr TS22 – SR36 vyhoví v 50% scénáři, a směry TS11 – SR 36, TS22 – SR 36 vyhoví pouze ve 25% scénáři. U směru TS11 – SR25 nevyhoví kabelové zatížení v žádném scénáři. V posledním případě je základním problémem délka napájeného úseku, kterou by bylo možné zkrátit rozpojením v nejbližší rozpojovací skříní. Úsek by byl napájen sepnutím z jiného směru distribuční sítě, který je mnohem kratší. Zatížení z druhého směru je v soudobosti poloviční, protože jsou zde připojeny pouze čtyři rodinné domy.

V první řadě je potřeba podívat se do 1. kapitoly, která byla zaměřena na predikci počtu elektromobilů ve studii společnosti EUROENERGY. s r. o. [4] V této kapitole bylo uvedeno, že mezi roky 2025 - 2030 ve vysokém scénáři bude podíl elektromobilů vůči vozidlům se spalovacím motorem přibližně 20 %. Pokud se bude vycházet z těchto hodnot, tak stávající distribuční síť bude dostačující do roku 2030 a silové kabely budou v polovině doby své životnosti.

Druhou možností, jak upravit síť, je úplná obnova kabelového vedení v zástavbě. Jak bylo zmíněno v 2. kapitole, tak stávající silové kabely v zástavbě jsou typu 1- AYKY - J- 3x185+95PEN. V případě obnovy stávajících kabelů za nový typ 1- AYKY - J- OT 3x240+120PEN s větším průřezem by vedení vyhovělo i v nejvyšším stanoveném scénáři. Jediným nevyhovujícím úsekem by byl směr SR25, který lze upravit zkrácením úseku. Nově by byl tento úsek dlouhý pouze 365 m, a navíc by se snížilo zatížení o čtyři rodinné domy včetně dobíjecích stanic. Tyto čtyři rodinné domy by byly napájeny ze stanice TS33 s délkou úseku 623 metrů. Maximální zatížení celého úseku by bylo necelých 57 kW.

V tomto případě byl zpracován odhad nákladů z databázi cenové soustavy URS a PREDistribuce, a.s., na celou oblast rodinných domů. Z odhadu lze vyčíst, že nejnákladnější jsou zemní práce, které tvoří téměř 70 % ceny z celkového odhadu nákladů. V odhadu nejsou započítány náklady na vypracování projektových dokumentací, technických dozorů a dalších výdajů, které jsou nepřímo spojené s obnovou. [34]

Název položky	Měrná jednotka	Množství	Celková cena bez DPH
Montáž hliníkových kabelů volně vč. materiálu	m	3900	928 500,00 Kč
Spojky, ukončení, zaslepením připojení vč. materiálu	kpl	1	325 400,00 Kč
Zednické práce, kalibrace, tlakování	kpl	1	215 150,00 Kč
Montáž el. skříní vč. Materiálu	ks	75	610 120,00 Kč
Rozebrání a obnova povrchů vč. materiálu	m2	3800	2 289 660,00 Kč
Podkladní vrstvy ze štěrkodrti a z betonu	m2	3800	2 897 450,00 Kč
Hloubení rýh ručně do šířky 50 cm hloubky 80 cm	m	2540	1 143 500,00 Kč

Název položky	Měrná jednotka	Množství	Celková cena bez DPH
Zásyp rýh ručně do šířky 50 cm hloubky 60 cm	m	2540	238 940,00 Kč
Pažení, montáž nových průchodek, oprava hydroizolace	kpl	1	188 000,00 Kč
Zřízení pískového lože do 50 cm tloušťky 10 cm vč. Krycích desek a materiálu s tím spojeného	m	2540	315 230,00 Kč
Montáž chrániček vrapovaných s obet. betonových žlabů vč. materiálu	kpl	1	130 420,00 Kč
Odvoz a návoz zeminy včetně nakládky a poplatků	kpl	1	1 544 693,00 Kč
Zařízení staveniště včetně zajištění bezpečnosti	kpl	1	127 563,00 Kč
Náklady spojené s revizemi, zaměřením, vytyčením	kpl	1	698 000,00 Kč
Demontáže stávajícího vedení	kpl	1	299 240,00 Kč
Celkem			11 951 866,00 Kč

Tab. 22 Vypočtené náklady při navýšení výkonu v rodinné zástavbě

V případě zástavby rodinných domů by se jednalo o úsek dlouhý přibližně 2540 m. s tím, že při uvedení do původního stavu by znamenalo 3800m² obnovy povrchů. Muselo by být vyměněno přibližně 3900 m nevyhovujícího kabelu za nový. Zároveň by bylo obnoveno 75 přípojkových a rozpojovacích skříní. Obnova v takovém rozsahu by vyšla realizačně přibližně na 12 milionů korun bez DPH a práce by trvala přibližně 3 měsíce. Rozsah celé obnovy je zakreslen ve výkrese č.08 Kabelová mapa 0,4 kV – navržený stav, který je v Příloze H.

Závěr

Tato diplomová práce se zabývala problematikou nabíjení elektromobilů a možnými úpravami v distribuční síti, jejíž cílem bylo zajistit spolehlivou dodávku elektrické energie. Pro tento úkol byly vybrány dvě rozdílné oblasti s různými zástavbami, u kterých bylo možné prezentovat vliv nabíjení a výkonový dopad na distribuční síť. Práce byla rozdělena do čtyř částí.

První část se věnovala energetickým požadavkům elektromobilů a současnému způsobu jejich nabíjení. V rámci evropského trhu byl zpracován přehled nejnovějších typů čistě elektrických a hybridních vozidel, u kterých byly rozepsány základní elektrické parametry, se kterými se může běžný uživatel setkat. Část popisu byla věnována především kapacitě baterie, kterou se snaží výrobci neustále zvyšovat, a která ovlivňuje zejména reálný dojezd vozidla společně s četností nabíjení. Dále byla nastíněná predikce vývoje počtu elektrických vozidel, která vychází ze studie společnosti EUROENERGY. s r. o. Zároveň byla uvedena nejnovější data, která potvrzují rostoucí trend počtu elektrických vozidel na území ČR. V kapitole byly popsány jednotlivé kategorie nabíjení, které byly doplněny jednopólovými schémata s popisy. Konec první části byl věnován především rychlým a pomalým dobíjecím stanicím, jejich elektrickým parametrům a vlastnostem.

V druhé a třetí části byly vybrány dvě oblasti (bloková struktura, zástavba rodinných domů) na území hlavního města Prahy. V těchto oblastech byla popsána topologie a současné zapojení distribuční sítě, která je spravována společností PREdistribuce, a.s. Každá oblast byla analyzována a s pomocí platných norem byly vypočteny energetické bilance zatížení na úrovni hlavních distribučních prvků sítě v časových pásmech pro jednotlivé vývody. Zároveň byly vypočteny energetické bilance pro zvolené vývody z trafostanic při zohlednění zatížení způsobeném dobíjecími stanicemi 22 kW s jednou zásuvkou. Výpočty prokázaly zejména rozdílnost výkonového zatížení obou oblastí. V blokové zástavbě je zatížení dáno především velkým počtem bytových a nebytových prostor. Pohybuje se okolo 30 % z celkového výkonu zatížení trafostanic u jednotlivých vývodů. Při zatížení dobíjecími stanicemi došlo k nárůstu až o 70 % v jednotlivých směrech oproti běžnému zatížení. V oblasti s rodinnými domy je běžné zatížení ve zvolených kabelových směrech okolo 15 % z celkového zatížení trafostanic, což je dáno především malou hustotou zástavby a dlouhými úseky kabelového vedení. Při zatížení dobíjecími stanicemi vzrostlo zatížení až trojnásobně. To lze vysvětlit tím, že nabíjení v jednotlivých scénářích tvořilo hlavní složku zatížení oproti běžné spotřebě.

V poslední čtvrté části bylo cílem navrhnout takové úpravy v distribuční síti, které by pokryly zvýšené zatížení v jednotlivých kabelových směrech. V blokové zástavbě bylo zvýšené zatížení zajištěno doplněním novým kabelovým vedením z trafostanic a vhodnými manipulacemi u jednotlivých bloků. V případě zástavby s rodinnými domy bylo zvýšené zatížení řešeno vhodnou výměnou stávajícího kabelového vedení za nové s větší zatížitelností. Nakonec byly odhadnuty náklady na přestavbu distribuční sítě v obou oblastech. V blokové zástavbě by posílení stávající sítě činilo přibližně 5,25 milionů korun bez DPH. V případě zástavby s rodinnými domy by se náklady pohybovaly okolo 12 milionů korun bez DPH. Výše zmíněné řešení bylo vypočteno pro přesně definované kabelové směry ve vybraných zástavbách. V případě, že by bylo zatížení vypočteno pro všechny vývody ve stanicích, došlo by k mnohonásobnému překročení zatížení trafostanic v distribuční síti. Takové zatížení bude do budoucna obrovský problém, který nebude možné řešit pouhým doplněním novým kabelovým vedením nebo obnovou. V první řadě je takové řešení finančně náročné, a v druhé řadě posilovat distribuční síť na tak velké rozloze, jako je Praha, je z dlouhodobého pohledu časově náročné.

Proto byly ve čtvrté kapitole navrženy další možnosti řešení úpravy distribuční sítě, které se zaměřují spíše na vhodnou optimalizaci a stabilizaci distribuční sítě. Jedná se především o hromadné dálkové ovládání, které je v dnešní době v distribuční síti velice rozšířené. Další možností je systém pokročilého měření AMM, který je pilotně testován a s prvním nasazením se počítá v roce 2024. Poslední navrhovanou možností je optimalizace a řízení výkonu za pomoci inteligentních sítí s jejichž výstavbou se již začalo.

SEZNAMY

Seznam použité literatury

- [1] BUCHMANN, Isidor. *Battery University* [online]. 2020 [cit. 2021-04-08]. Dostupné z: https://batteryuniversity.com/learn/article/how_to_prolong_lithium_based_batteries
- [2] *Fiat Professional* [online]. [cit. 2021-04-08]. Dostupné z: <https://www.fiatprofessional.com/cz/WLTP>
- [3] Technologická platforma silniční doprava. In: *Technologické trendy v silniční dopravě: oblast elektromobilita* [online]. 2020 [cit. 2021-04-08]. Dostupné z: <https://www.tpsd-ertrac.cz/dokumenty/>
- [4] Ministerstvo průmyslu a obchodu. *Dílčí studie pro pracovní tým A25 - Predikce vývoje elektromobility v ČR* [online]. Ministerstvo průmyslu a obchodu, Na Františku 32, 110 15 Praha 1, místnost 239: EUROENERGY, 2018 [cit. 2021-02-01]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/energetika/konference-seminare/elektromobilita--240934/>
- [5] ČESKO. fragment #f3064308 zákona č. 311/2006 Sb., o pohonných hmotách a čerpacích stanicích pohonných hmot a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o pohonných hmotách). In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2021 [cit. 1. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-311#f3064308>
- [6] *Chytré distribuční stanice společnosti PREdistribuce: 100. chytrá stanice* [online]. In: . [cit. 2021-04-19]. Dostupné z: https://www.praha.eu/file/3177644/_23121_trafostanice_02_1_.pdf
- [7] *Schneider-electric: EVlink* [online]. In: . 2021 [cit. 2021-04-22]. Dostupné z: https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Catalog&p_File_Name=S1520.pdf&p_Doc_Ref=S1520
- [8] Nabíjecí stanice EVH3S22P02K. In: *Schneider Electric* [online]. 2021 [cit. 2021-03-02]. Dostupné z: <https://www.se.com/cz/cs/product/EVH3S22P02K/nab%C3%ADjec%C3%AD-stance-wallbox-plus-se-z%C3%A1suvkou-t2-22kw-s-uzam%C4%8Den%C3%ADm/?range=62395-evlink-wallbox&selected-node-id=12534028446>
- [9] Nabíjecí stanice EVF2S22P02R. In: *Schneider Electric* [online]. 2021 [cit. 2021-03-02]. Dostupné z: <https://www.se.com/cz/cs/product/EVF2S22P02R/nab%C3%ADjec%C3%AD-stance-parking-samostatn%C4%9B-stoj%C3%ADc%C3%AD-mont%C3%A1%C5%BE-22kw-1xt2-rfid/?range=60850-evlink-parkovi%C5%A1t%C4%9B&selected-node-id=12144317576&filter=business-5-reziden%C4%8Dn%C3%AD-a-mal%C3%A9-budovy&parent-subcategory-id=80408>

- [10] *PHOENIX CONTACT nabíjecí kabel TYP 1 - OTEVŘENÝ | 32A | 1 fáze | 7,4kW | 5m* [online]. [cit. 2020-04-11]. Dostupné z: <https://www.evexpert.cz/p/284/phoenix-contact-nabijeci-kabel-typ1-otevreny-konec-32a-1faze>
- [11] *PHOENIX CONTACT nabíjecí kabel TYP 2 | 32A | 3 fáze | 22kW | 4 - 5 - 7 m* [online]. [cit. 2020-04-11]. Dostupné z: <https://www.evexpert.cz/p/315/phoenix-contact-nabijeci-kabel-typ2-typ2-32a-3faze>
- [12] *Wikipedia* [online]. In: . [cit. 2021-03-23]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Type_2_connector#/media/File:Type2_Socket_de.svg [28] *Wikipedia* [online]. [cit. 2021-03-22]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Combined_Charging_System#/media/File:CCSCCombo2.svg
- [13] *Wikimedia* [online]. [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0f/CHAdeMO_connector-side_oblique-alpha_PNr°0522b.png
- [14] CHAdeMO. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:CHAdeMO_socket.svg
- [15] *Tesla supercharger konektor* [online]. [cit. 2020-04-11]. Dostupné z: <https://cs.tesla-club.eu/forum-tema/nabijeni-96?select=1116>
- [16] *Centrum Dopravního Výzkumu: Tisková zpráva* [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-8-5]. Dostupné z: <https://www.civinet.cz/registrace-vsech-cistych-vozidel-v-cr/>
- [17] *Baterie elektromobilu: Záruka a nabíjení* [online]. 2021 [cit. 2021-7-10]. Dostupné z: <https://www.volkswagen.cz/elektricke-a-hybridni-vozy/vse-o-elektromobilite/baterie-elektromobilu-zaruka-a-nabijeni>
- [18] KOUPÝ, Leoš. *Použití a měření RCD v dobíjecích stanicích pro elektromobily* [online]. 2020 [cit. 2021-7-13]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/pouziti-a-mereni-rcd-v-dobijecich-panicich-pro-elektromobily--17432>
- [19] PŘIBYL, Martin. *Elektromobil poslední záchrany. Koncept Nissan Re-Leaf má pomoci při blackoutu. Aktuálně* [online]. 5.10.2020 [cit. 2021-7-15]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/auto/elektromobil-posledni-zachrany-koncept-nissan-re-leaf-ma-pom/r~db569d66031111eb8972ac1f6b220ee8/>
- [20] *Podniková norma PREDi: SK 113: Silový kabel 1-AYKY-J-OT. 1.* Praha: PREDi, 2017
- [21] *Podniková norma PREDi: Zásady navrhování sítí NN. 3b.* Praha: PREDi Oddělení S26 100 Technický controlling, 2006.
- [22] *Sídelní struktura a urbanismus: Struktura zástavby a krajiny.* Praha: Územně analytické podklady hl.m. Prahy, 2008.
- [23] *Podniková norma PREDi: SR 111 Přípojková skříň betonová SS101,SS102,S201. 7.* Praha, 2020.

- [24] *Podniková norma PREdi: SR 113 ,rozpojovací a jisticí skříň-betonová SR302, SR402, SR502*. 7. Praha, 2020.
- [25] ING. KADULA, Lukáš. *Centrum Dopravního Výzkumu: Tisková zpráva* [online]. Ostrava, Brno, 2021 [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: <https://www.cdv.cz/tisk/v-cesku-provozuje-verejne-dobijeci-stanice-54-subjektu/>
- [26] ČESKO. § 79 odst. 2 písm. s) zákona č. 183/2006 Sb., *o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)*. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2021 [cit. 6. 8. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-183#p79-2-s>
- [27] *Elpro-Energo* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-8-7]. Dostupné z: <https://www.elpro-energo.cz/olejove-transformatory/tabulky-ekodesign/>
- [28] *Podniková norma PREdi: ZÁSADY ŘEŠENÍ VESTAVĚNÝCH DISTRIBUČNÍCH TRANSFORMAČNÍCH STANIC*. 7. Praha: Koncepce a plánování, Technická standardizace, 2021.
- [29] *Podniková norma PREdi: ZÁSADY NAVRHOVÁNÍ SÍTÍ 22 kV*. 4. Praha: Oddělení S 27 200 Technický controlling, 2021.
- [30] *OENERGETICE.CZ: HDO – smart grid fungující již půl století* [online]. Svoboda, J. 2015 [cit. 2021-8-9]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektroenergetika/hdo-smart-grid-fungujici-jiz-pul-stoleti>
- [31] Ministerstvo průmyslu a obchodu. *Ekonomické posouzení přínosů a nákladů při zavedení inteligentních měřicích systémů v elektroenergetice a plynárenství* [online]. 2016 [cit. 2021-8-9]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/energetika/elektroenergetika/ekonomicke-posouzeni-prinosu-a-nakladu-pri-zavedeni-inteligentnich-mericich-systemu-v-elektroenergetice-a-plynarenstvi--221579/>
- [32] Ministerstvo průmyslu a obchodu. *Jednání Think Tanku NAP SG 18. 1.2021* [online]. Praha: Odbor elektroenergetiky a teplárenství, 2021 [cit. 2021-8-12]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/energetika/strategicke-a-koncepcni-dokumenty/narodni-akcni-plan-pro-chytre-site/jednani-think-tanku-nap-sg-18--1-2021--259047/>
- [33] VOJÁČEK, Antonín. *Automatizace.hw.cz: Smart City v energetice* [online]. 2021 [cit. 2021-8-12]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/smart-city-v-energetice.html>
- [34] *Cenová soustava ÚRS. URS* [online]. 2021 [cit. 2021-8-21]. Dostupné z: <https://www.urs.cz/software-a-data/cenova-soustava-urs>

Seznam zkratek

Zkratka	Celý popis
CO ²	Oxid uhličitý
EU	Evropská unie
ČR	Česká republika
BEV	Battery Electric Vehicle (čistě elektrická vozidla)
PHEV	Plug in Hybrid Electric Vehicle (vozidla se spalovacím a elektrickým motorem)
BMS	Battery management system
DoD	Depth of Discharge (hloubka vybití)
NEDC	New European Drive Cycle
WLTP	Worldwide Harmonised Light Vehicle Test Procedure
EV	Elektrické vozidlo
SF6	Fluorid sírový
MTN	Měřicí transformátory napětí
MTP	Měřicí transformátory proudu
RH	Hlavní rozvaděč
AC	Střídavý proud/napětí
DC	Střídavý proud/napětí
RFID	Radio Frequency identification (radiofrekvenční identifikace)
RCD	Residual Current protective Device (proudový chránič)
ČSN	Československé technické normy
IEC	Mezinárodní elektrotechnická komise
V2G	Vehicle-2-Grid
HDO	Hromadné dálkové ovládání
GPRS	General Packet Radio Service (mobilní datová síť)
OCPP	Open Charge Point Protocol
PREdi	PREdistribuce, a.s.
TUV	Teplá užitková voda
IPR	Institut plánování a rozvoje hlavního města Prahy
AMM	Advanced Metering Management (pokročilý systém měření)
THMP	Technologie Hlavního města Prahy
PN	Podnikové normy
HIP	Hlavní inženýr projektu
TDN	Typový diagram nabíjení
URS	Společnost ÚRS CZ a.s.
kpl	komplet

Veličina	Značka	Jednotka
Napětí	U	V
Proud	I	A
Elektrický odpor	R	Ω
Činný výkon	P	W
Zdánlivý výkon	S	VA

Veličina	Značka	Jednotka
Plocha	A	m ²
Délka	l	m
Teplota	t	°C
Akustika	Lp	dB
Frekvence	f	Hz
Čas	t	s
Impedance	Z	Ω
Plošná hustota výkonu	δ	W.m ⁻²

Seznam tabulek

Tab. 1 Porovnání cyklů NEDC a WLTP [2].....	12
Tab. 2 Predikce elektrických vozidel [4]	14
Tab. 3 Očekávané počty dobíjecích stanic v roce 2020 – 2040 [4]	35
Tab. 4 Základní elektrické parametry přípojkových skříní [23].....	44
Tab. 5 Základní elektrické parametry rozpojovacích skříní [24].....	44
Tab. 6 Základní elektrické parametry používaného kabelu [20]	45
Tab. 7 Charakteristické hodnoty zatížení v hlavních časových pásmech.[21]	47
Tab. 8 Celková zatížení na úrovni hlavních prvků distribuční sítě	48
Tab. 9 Charakteristické hodnoty zatížení v hlavních časových pásmech.....	50
Tab. 10 Celková zatížení na úrovni distribučních prvků sítě	50
Tab. 11 Počet dobíjecích stanic v zástavbě.....	53
Tab. 12 Přehled parametrů časových pásmech.[4]	54
Tab. 13 Výpočet výkonu pro různé scénáře rozložení dobíjecích stanic.....	56
Tab. 14 Proudové zatížení jednotlivých vývodů mezi stanicemi TS1 a TS2	56
Tab. 15 Počet dobíjecích bodů rodinné zástavbě.....	57
Tab. 16 Výpočet výkonu pro různé scénáře rozložení dobíjecích bodů.....	59
Tab. 17 Proudové zatížení jednotlivých vývodů mezi stanicemi TS11 a TS22	60
Tab. 18 Parametry transformátorů [27]	66
Tab. 19 Úprava sítě v blokové zástavbě	74
Tab. 20 Úprava sítě v blokové zástavbě, synergie s VO	75
Tab. 21 Vypočtené náklady při navýšení výkonu blokové zástavbě.....	76
Tab. 22 Vypočtené náklady při navýšení výkonu v rodinné zástavbě.....	79

Seznam obrázků

Obr. 1 Systém ochrany baterie [17]	11
Obr. 2 Dobíjecí stanice v garážích Galerie Butovice [13]	17
Obr. 3 Jednopolové schéma napájení Komerčního nabíjení.....	18
Obr. 4 Umístění rychlé dobíječky [14]	20
Obr. 5 Blokované schéma připojení rychlé dobíjecí stanice	20
Obr. 6 Jednopolové schéma napájení rychlých dobíjecích stanic	21
Obr. 7 Blokované schéma veřejné Pomalé dobíjecí stanice	22
Obr. 8 Nástěnné dobíjecí stanice tzv. "wallboxy" na distribuční stanici [12]	23
Obr. 9 Jednopolové schéma s napájením dobíjecích stanic z distribuční trafostanice	24
Obr. 10 Jednopolové schéma s napájením dobíjecí stanice z přípojkové skříně	24
Obr. 11 Jednopolové schéma neveřejného nabíjení doma z běžné zásuvky	26
Obr. 12 Jednopolové schéma neveřejného nabíjení ve firmě	28
Obr. 13 Dobíjecí stanice Wallbox Plus.....	31
Obr. 14 Dobíjecí stanice Parking.....	31
Obr. 15 Statický a dynamický management nabíjení Schneider Electric [7]	33
Obr. 16 Rychlá dobíjecí stanice ABB [19]	34
Obr. 17 Konektor Typ 1 Yazaki [10].....	38
Obr. 18 Konektor Typ 2 Mennekes [11].....	39
Obr. 19 vlevo konektor pro nabíjení DC a vpravo pro nabíjení DC, AC [12]	40
Obr. 20 Konektor CHAdeMO piny CHAdeMO [13] [14]	41
Obr. 21 Tesla konektor Typ 1 US [15]	42
Obr. 22 Kabelová mapa 0,4 kV – stávající stav.....	46
Obr. 23 Stávající provozní schéma zapojení sítě 0,4 kV	46
Obr. 24 Zjednodušené schéma výpočtu energetické bilance ve zvolených oblastech.....	52
Obr. 25 Rozměry transformátoru [27]	66
Obr. 26 Půdorys trafostanice	68
Obr. 27 Řez trafostanice	69

Seznam příloh

Příloha A – Přehled čistě elektrických vozidel a Plug-in hybridů.....	90
Příloha B – Vybraní výrobci pomalých dobíjecích stanic.	93
Příloha C – Vybraní výrobci rychlých dobíjecích stanic.....	95
Příloha D – Bloková zástavba výpočet zatížení na úrovni distribučních prvků sítě	96
Příloha E – Zástavba rodinných domů výpočet zatížení na úrovni distribučních prvků sítě ..	98
Příloha F – Bloková zástavba výpočet zatížení pro jednotlivé scénáře.....	99
Příloha G – Zástavba rodinných domů výpočet zatížení pro jednotlivé scénáře	100
Přílohy H – Výkresová část	101

Příloha A – Přehled čistě elektrických vozidel a Plug-in hybridů

Značka	Model	Výkon elektromotoru [kW]	Točivý moment elektromotoru [Nm]	Typ baterie	Kapacita baterie[kWh]	Nabíjecí výkon AC [kW]	Nabíjecí výkon DC [kW]	Typ nabíjecího kabelu dle standardu	Kombinovaná spotřeba [kWh/100km]	Maximální dojezd[km]	
Volkswagen	e-up	61	210	Lithium-iont	36,8	7,2	40	Typ 2	12,7	260(WLTP)	
	e-Golf	100	290	Lithium-iont	35,8	7,2	50	Typ 2	12,7	300(NEDC)	
	Passat GTE*	85	330	Lithium-iont	9,9	3,6	-	Typ 2	12,8	50(NEDC)	
	ID.3		70	310	Lithium-iont	45	7,2	50	Typ2	15,1	330(WLTP)
			110	310	Lithium-iont	58	11	100	Typ 2	15,5	420(WLTP)
			150	310	Lithium-iont	77	11	125	Typ 2	15,8	550(WLTP)
	ID4		125	310	Lithium-iont	52	7,2	50	Typ 2	17,8	320(WLTP)
			150	310	Lithium-iont	77	11	125	Typ 2	18,9	100(NEDC)
150			310	Lithium-iont	77	11	125	Typ 2	18,5	100(NEDC)	
Škoda	CITIGOe iV	61	212	Lithium-iont	36,8	7,2	40	Typ 2	14,8	252(WLTP)	
	Superb iV*	85	330	Lithium-iont	13	3,6	-	Typ 2	14,5	60(WLTP)	
	Octavia iV*	150	250	Lithium-iont	13	11	-	Typ 2	13,8	60(WLTP)	
	Enyaq iV 60	132	310	Lithium-iont	58	11	125	Typ 2	15,6	413(WLTP)	
	Enyaq iV 80	150	310	Lithium-iont	77	11	125	Typ 2	16,6	537(WLTP)	
Audi	e-tron	265	561	Lithium-iont	95	11	150	Typ 2	24,6	400(WLTP)	
	A7 Sportback 55* TFSI e	105	350	Lithium-iont	14,1	11	-	Typ 2	17,5	40(WLTP)	
	Q5 TFSI e quattro*	105	350	Lithium-iont	14,1	11	-	Typ 2	17,5	40(WLTP)	
	A8 TFSI e*	100	350	Lithium-iont	14,1	7,2	-	Typ 2	21,2	46(WLTP)	
	Q7 TFSI e*	94	350	Lithium-iont	17,3	7,2	-	Typ 2	22,9	43(WLTP)	

Značka	Model	Výkon elektromotoru [kW]	Točivý moment elektromotoru [Nm]	Typ baterie	Kapacita baterie[kWh]	Nabíjecí výkon AC [kW]	Nabíjecí výkon DC [kW]	Typ nabíjecího kabelu dle standardu	Kombinovaná spotřeba [kWh/100km]	Maximální dojezd[km]
	e-tron	230	540	Lithium-iont	71	11	150	Typ 2	22,4	400(WLTP)
Porsche	Taycan	460	850	-	93,4	11	270	Typ 2	21	450(WLTP)
Toyota	Prius	53	163	Lithium-iont	8,8	3,3	-	Typ 2	7,2	50(WLTP)
Peugeot	e-208	100	260	-	50	22	100	Typ 2	14	340(WLTP)
	e2008	100	260	-	50	22	100	Typ 2	16	310(WLTP)
BMW	i3	125	249	Lithium-iont	42,2	11	50	Typ 2	13,6	310(WLTP)
	i3s	135	270	Lithium-iont	42,2	11	50	Typ 2	13,1	285(WLTP)
	i8*	96	250	Lithium-iont	7,1	3,6	-	Typ 2	14,5	55(WLTP)
	i8 *	143	250	Lithium-iont	11,6	3,6	-	Typ 2	14,5	53(WLTP)
	225xe*	65	165	Lithium-iont	7,6	3,6	-	Typ 2	11,8	57(WLTP)
	330e*	83	265	Lithium-iont	12	3,6	-	Typ 2	14,8	59(WLTP)
	530e*	83	265	Lithium-iont	12	3,6	-	Typ 2	14,5	57(WLTP)
	i4	250	430	Lithium-iont	80,7	11	200	Typ 2	16,1	493(WLTP)
Hyundai	Kona	150	395	Lithium-Pol	67,1	7,2	100	Typ 2	14,3	449(WLTP)
	IONIQ	100	295	Lithium-Pol	38,3	7,2	100	Typ 2	14	294(WLTP)
	Kona*	32	170	Lithium-Pol	1,56	7,2	-	Typ 2	-	-
	IONIQ*	32	265	Lithium-Pol	1,56	7,2	-	Typ 2	-	-
	IONIQ5 ECO	195	350	Lithium-Pol	58	11	50	Typ 2	-	481(WLTP)
	IONIQ5 POWER	160	305	Lithium-Pol	72,6	11	100	Typ 2	-	481(WLTP)
	IONIQ5 POWER	253	605	Lithium-Pol	72,6	11	300	Typ 2	-	481(WLTP)
Kia	e-soul	100	395	Lithium-Pol	39,2	7,2	100	Typ 2	15,6	277(WLTP)
	e-soul	150	395	Lithium-Pol	65	7,2	100	Typ 2	15,7	452(WLTP)
	niro	100	395	Lithium-Pol	39,2	11	100	Typ 2	15,3	289(WLTP)
	niro	150	395	Lithium-Pol	64	11	100	Typ 2	15,9	455(WLTP)
	niro*	44,5	170	Lithium-Pol	8,9	3,3	-	Typ 2	13,9	58(NEDC)
Fiat	500	83	201	Lithium-Pol	24	7,2	85	Typ 1	17,5	320(WLTP)

Značka	Model	Výkon elektromotoru [kW]	Točivý moment elektromotoru [Nm]	Typ baterie	Kapacita baterie[kWh]	Nabíjecí výkon AC [kW]	Nabíjecí výkon DC [kW]	Typ nabíjecího kabelu dle standardu	Kombinovaná spotřeba [kWh/100km]	Maximální dojezd[km]
Honda	e	100	315	Lithium-iont	35,5	6,6	-	Typ 1	17,2	222(WLTP)
	e Advance -16	113	315	Lithium-iont	35,5	6,6	-	Typ 1	17,2	222(WLTP)
	e Advance -17	113	315	Lithium-iont	35,5	6,6	-	Typ 1	17,8	210(WLTP)
MITSUBISHI	OUTLANDER*	60	137	Lithium-iont	13,8	3,6	62,5	Typ 1	14,8	54(WLTP)
Mercedes Benz	EQC	300	760	Lithium-iont	80	7,4	110	Typ 2	20,8	430(NEDC)
Tesla	Model S	568	931	Lithium-iont	100	22	120	Typ 1,2	20,3	632(NEDC)
	Model3 long range	335	639	Lithium-iont	75	11	250	Typ 1,2	17	523(WLTP)
	Model X 100D	386	660	Lithium-iont	100	16,5	120	Typ 1,2	18	565(NEDC)
Jaguar	I-PACE	294	696	Lithium-iont	90	7	100	Typ 2	24,8	470(WLTP)
Opel	Ampera-e	150	360	Lithium-iont	60	7,4	50	Typ 2	14,4	380(WLTP)
Nisan	Leaf Acenta	110	320	Lithium-iont	40	3,6	50	Typ 2	17,1	270(WLTP)
	Leaf N-Connecta	110	320	Lithium-iont	40	6,6	50	Typ 2	17,1	270(WLTP)
	Leaf Tekna	110	320	Lithium-iont	40	6,6	50	Typ 2	17,1	270(WLTP)
	Leaf e+N-Connecta	160	340	Lithium-iont	62	6,6	100	Typ 2	18,5	385(WLTP)
	Leaf e+Tekna	160	340	Lithium-iont	62	6,6	100	Typ 2	18,5	385(WLTP)
Renault	ZOE R110	80	225	Lithium-iont	52	22	50	Typ 2	17,2	395(WLTP)
	ZOE R35	100	245	Lithium-iont	52	22	50	Typ 2	17,7	395(WLTP)
Seat	Mii	61	212	Lithium-iont	32,3	7,2	40	Typ 2	14	360(WLTP)

Příloha B – Vybraní výrobci pomalých dobíjecích stanic.

Výrobce/prodejce dobíjecích stanic	Označení	Maximální nabíjecí výkon[kW]	Jmenovité vstupní napájecí napětí	Jmenovitý vstupní proud	Výstupní napájecí napětí	Omezení nabíjecího proud	Komunikační rozhraní	Připojení nabíjecího kabelu
Nástěnné nabíjecí stanice (Wallboxy)								
SCHRACK TECHNIK	i-CHARGE HOME Eco	22	AC 400 V	32 A	AC 230 V,400 V	13,16,20,32 A	RS 485	Yazaki, Mennekes
Schneider Electric	Evlink Wallboxplus	11	AC 400 V	16 A	AC 400 V	16 A	-	Mennekes
		22	AC 400 V	32 A	AC 400 V	32 A	-	Mennekes
		3,7	AC 230 V	16 A	AC 230 V	16 A	-	Mennekes
		7,4	AC 230 V	32 A	AC 230 V	32 A	-	Mennekes
Siemens	VersiCharge IEC 5TT32011VR00	4,6	AC 400 V	20A	AC 400 V	6,10,15,20 A	spínání HDO	Mennekes
	VersiCharge IEC 5TT32011VR01	4,6	AC 400 V	20 A	AC 400 V	6,10,15,20 A	spínání HDO	Mennekes
	VersiCharge IEC 5TT32011VR02	22	AC 400 V	32 A	AC 400 V	6,8,16,24,32 A	spínání HDO	Mennekes
	VersiCharge IEC 5TT32011VR03	7,2	AC 400 V	32 A	AC 400 V	6,8,16,24,32 A	spínání HDO	Mennekes
KEBA	KeContact e-series	4,6	AC 230 V	20 A	AC 230 V	10,13,16,20 A	USB,RJ45	Yazaki, Mennekes
	KeContact b-series	22	AC 400 V	32 A	AC 230/400 V	10,13,16,20,25,32 A	USB,RJ46	Yazaki, Mennekes
	KeContact c-series	22	AC 400 V	32 A	AC 230/400 V	10,13,16,20,25,32 A	USB,RJ47,LSA+,U DP	Yazaki, Mennekes
	KeContact x-series	22	AC 400 V	32 A	AC 230/400 V	10,13,16,20,25,32 A	USB,RJ47,LSA+,U DP,4G/LTE,WLAN, MOD BUS TCP	Yazaki, Mennekes
Evmotion.eu	RCD A-EV	22	AC 230/400 V	32 A	AC 230/400 V	6,10,13,16,20,25,32 A	spínání HDO	Mennekes
Voltdrive	Silentium L7,3kW	7,4	AC 230 V	32 A	AC 230 V	32 A	spínání HDO	Mennekes
	Silentium L22kW	22	AC 230/400 V	32 A	AC 230/400 V	32 A	spínání HDO	Mennekes
Webasto	PURE Home	22	AC 230/400 V	32 A	AC 230/400 V	32 A	-	Mennekes
Elexim WallBox eHome	T1C16	3,7	AC 230 V	16 A	AC 230 V	16 A	-	Yazaki
	T1C32	7,4	AC 230 V	32 A	AC 230 V	32 A	-	Yazaki

Výrobce/prodejce dobíjecích stanic	Označení	Maximální nabíjecí výkon[kW]	Jmenovité vstupní napájecí napětí	Jmenovitý vstupní proud	Výstupní napájecí napětí	Omezení nabíjecího proud	Komunikační rozhraní	Připojení nabíjecího kabelu
	T2C16	3,7	AC 230 V	16 A	AC 230 V	16 A	-	Mennekes
	T2C32	7,4	AC 230V	32A	AC 230V	32A	-	Mennekes
NOARK	Ex9EV	7,4	AC 230 V	32A	AC 230 V	10,16,20,25,32 A	-	Yazaki
Tesla	WallConnector	22	AC 230/400 V	32 A	AC 230/400 V	13,16,20,25,32 A	-	Mennekes

Příloha C – Vybraní výrobci rychlých dobíjecích stanic

Výrobce/prodejce dobíjecích stanic	Označení	Maximální nabíjecí výkon[kW]	Jmenovité vstupní napájecí napětí	Jmenovitý vstupní proud	Výstupní napájecí napětí	Omezení nabíjecího proud	Komunikační rozhraní	Připojení nabíjecího kabelu
Rychlé nabíjecí stanice								
Schneider Electric	DC 24kW CHAdeMO	24	AC 380-480 V	32-40 A	DC 150-530 V	1,5-65 A	OCPP1.6, WLAN, Ethernet TCP/IP	CHAdeMO
	DC 24kW CCS Combo 2	24	AC 380-480 V	32-40 A	DC 150-530 V	1,5-65 A	OCPP1.6, WLAN, Ethernet TCP/IP	CCS COMBO 2
	24kW DC Charger CHAdeMO & CCS Combo 2	24	AC 380-480 V	37-40 A	DC 150-530 V, (AC 400 V)	1,5-65 A, (32 A)	OCPP1.6, WLAN, Ethernet TCP/IP	CCS COMBO 2+CHAdeMO
	DC 24kW CHAdeMO, CCS Combo 2, T2	24	AC 380-480 V	37-40 A	DC 150-530 V, (AC 400 V)	1,5-65 A, (32 A)	OCPP1.6, WLAN, RJ45 TCP/IP	CCS COMBO 2+CHAdeMO
Efacec	QC45	50(43)	AC 400 V	73 A	DC 50-500 V, (AC 400 V)	0-120 A(32 A)	RJ45,Wifi,3G,OCPP 1,6	CCS COMBO 2, CHAdeMO,Mennekes
	QC24S	24	AC 400 V	37 A	DC 260-425 V, (AC 400 V)	60 A	RJ45,3G,OCPP 1,6	CCS COMBO 2, CHAdeMO
Ejoin	DC60	60	AC 400 V	-	AC 400 V	125 A	RJ45,Wifi,3G,OCPP 1,6, GPRS	CCS COMBO 2, CHAdeMO
KEYWATT	DC Fast charger	24	AC 400 V	37 A	DC 150-530 V, (AC 400 V)	62 A	RJ45,3G,OCPP 1,6	CCS COMBO 2+CHAdeMO
Siemens	CPC50kW	50	AC 400 V	150 A	DC 920 V, (AC 400 V)	125 A, (63 A)	RJ45,3G,OCPP 1,6, 2.0, LTE4G, UMTS (3G-Modem)	CCS COMBO 2+CHAdeMO
	CPC150kW	150	AC 400 V	230 A	DC 920 V, (AC 400 V)	2x200A, (63 A)	RJ45,3G,OCPP 1,6, LTE4G, UMTS (3G-Modem)	CCS COMBO 2+CHAdeMO

Příloha D – Bloková zástavba výpočet zatížení na úrovni distribučních prvků sítě

			dopoledne	večer	noc	TS
Blok	B.j	Pmaxn2[kW]	Pmaxn12[kW]			TS1/TS2
B3	7	6	16,87	13,25	7,45	TS1
	5		7,76	5,18	10,35	TS1
B4	10	6	21,53	16,35	8,07	TS1
	6		9,32	6,21	12,42	TS1
B5	10	6	21,53	16,35	8,07	TS1
	6		9,32	6,21	12,42	TS1
B6	7	6	16,87	13,25	7,45	TS1
	5		7,76	5,18	10,35	TS1
B7	10	6	21,53	16,35	8,07	TS1
	6		9,32	6,21	12,42	TS1
B8	11	6	23,08	17,39	8,28	TS1
	7		10,87	7,25	14,49	TS1
B9	10	30	21,53	16,35	8,07	TS1
	6	6	9,32	6,21	12,42	TS1
B10	13	6	26,18	19,46	8,69	TS1
	9		13,97	9,32	18,63	TS1
B11	7	6	16,87	13,25	7,45	TS1
	5		7,76	5,18	10,35	TS1
B12	6	6	15,32	12,21	7,24	TS1
	4		6,21	4,14	8,28	TS1
B13	7	30	16,87	13,25	7,45	TS1
	5		7,76	5,18	10,35	TS1
Celkem na TS1	162		317,51	233,67	218,77	

			dopoledne	večer	noc	TS
Blok	B.j	Pmaxn2[kW]	Pmaxn12[kW]			TS1/TS2
B14	7	6	16,87	13,25	7,45	TS2
	5		7,76	5,18	10,35	TS2
B15	7	6	16,87	13,25	7,45	TS2
	5		7,76	5,18	10,35	TS2
B16	7	30	16,87	13,25	7,45	TS2
	5		7,76	5,18	10,35	TS2
B17	12	6	24,63	18,42	8,48	TS2
	8		12,42	8,28	16,56	TS2
B18	6	6	15,32	12,21	7,24	TS2
	4		6,21	4,14	8,28	TS2
B19	14	6	27,74	20,49	8,90	TS2
	10		15,53	10,35	20,70	TS2
B1	12	6	24,63	18,42	8,48	TS2
	8		12,42	8,28	16,56	TS2
B2	10	6	21,53	16,35	8,07	TS2
	6		9,32	6,21	12,42	TS2
Celkem na TS2	126		243,62	178,41	169,10	
Celkem	288		561,12	412,08	387,86	

Příloha E – Zástavba rodinných domů výpočet zatížení na úrovni distribučních prvků sítě

	dopoledne	večer	noc	
Počet RD	Pmaxn12[kW]			TS11/TS22
7	21,0	16,8	35,3	TS11
17	51,0	40,8	85,7	TS11
12	36,0	28,8	60,5	TS11
8	24,0	19,2	40,3	TS11
Celkem na TS11	132,0	105,6	221,8	
9	22,5	18,0	37,8	TS22
12	30,0	24,0	50,4	TS22
10	25,0	20,0	42,0	TS22
VO 2x22			3,1	TS22
VO 34			2,4	TS22
Celkem na TS22	77,50	62,00	135,66	
Celkem TS	209,50	167,60	357,42	

Příloha F – Bloková zástavba výpočet zatížení pro jednotlivé scénáře

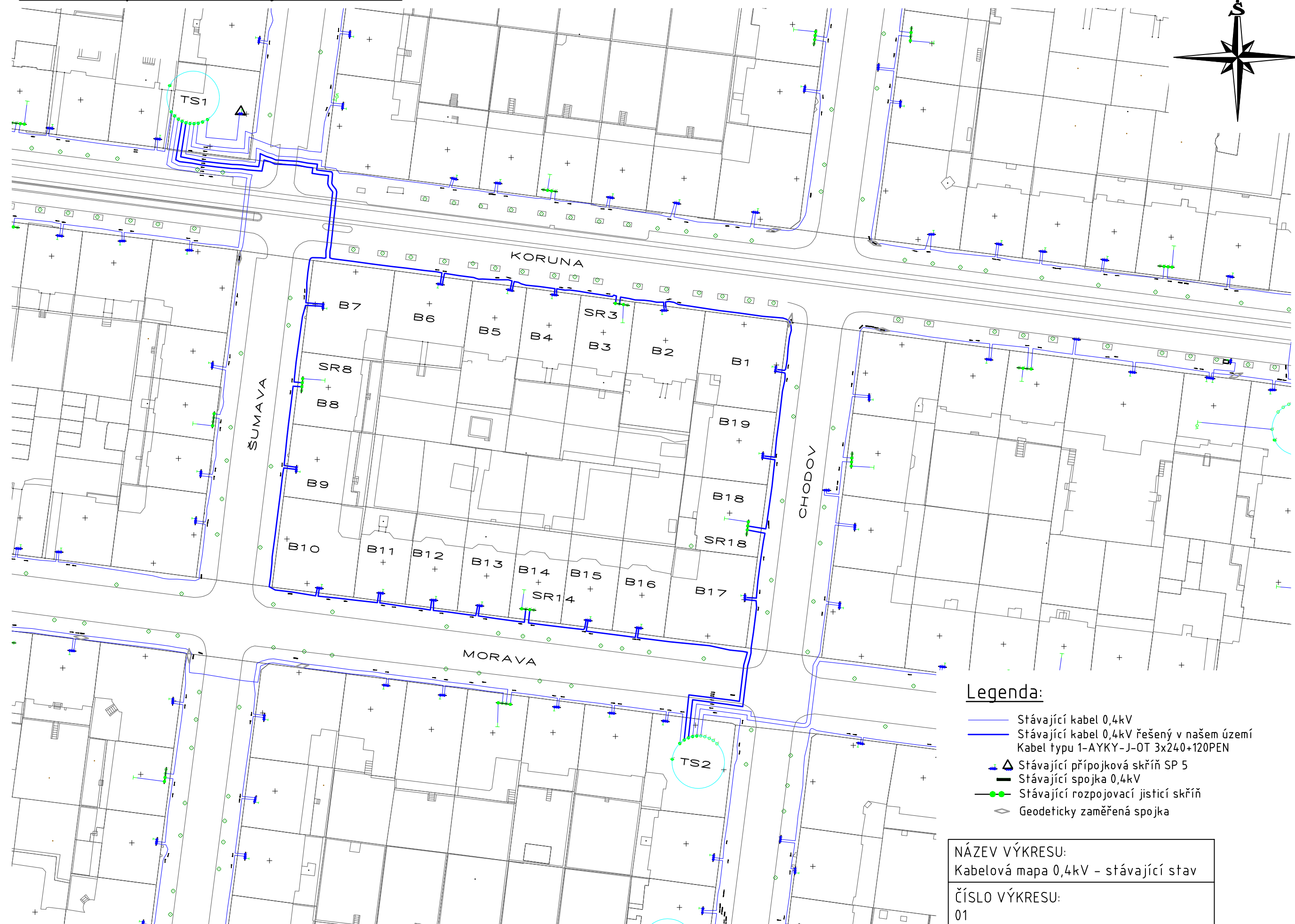
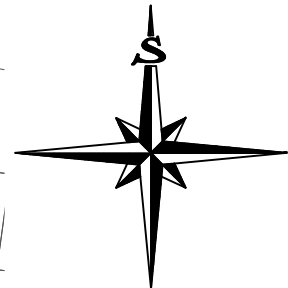
			Pmax _{ns} [kW]			Pmax _{ns} [kW]			Pmax _{ns} [kW]			I max _{ns} [A]		
TS	Vývod	Scénář [%]	dopoledne	večer	noc	dopoledne	večer	noc	dopoledne	večer	noc	dopoledne	večer	noc
TS1	SR3	25	285,42	239,44	230,12	224,23	178,25	168,93	194,86	148,88	139,56	281,3	214,9	201,4
		50	407,80	361,81	352,50	285,42	239,44	230,12	226,68	180,70	171,38	327,2	260,8	247,4
		75	530,17	484,19	474,87	346,61	300,62	291,31	258,50	212,51	203,20	373,1	306,7	293,3
	SR14	25	324,46	267,02	257,46	263,27	205,84	196,27	233,90	175,24	166,90	337,6	252,9	240,9
		50	446,83	389,40	379,83	324,46	267,02	257,46	265,72	205,84	198,72	383,5	297,1	286,8
		75	569,21	511,77	502,21	385,65	328,21	318,65	297,54	236,43	230,54	429,5	341,3	332,8
TS2	SR14	25	207,35	184,27	181,65	146,16	123,08	120,46	116,79	97,53	94,59	168,6	140,8	136,5
		50	329,72	306,64	304,02	207,35	184,27	181,65	148,61	133,16	129,91	214,5	192,2	187,5
		75	452,10	429,02	426,40	268,54	245,45	242,83	180,43	168,80	165,22	260,4	243,6	238,5
	SR3	25	317,56	260,30	250,80	256,37	199,12	189,61	227,00	169,75	160,24	327,6	245,0	231,3
		50	439,93	382,68	373,17	317,56	260,30	250,80	258,82	201,56	192,06	373,6	290,9	277,2
		75	562,31	505,05	495,55	378,75	321,49	311,99	290,64	233,38	223,88	419,5	336,9	323,1

Příloha G – Zástavba rodinných domů výpočet zatížení pro jednotlivé scénáře

TS	Vývod	Scénář	Pmax _{ns} [kW]			Pmax _{ns} [kW]			Pmax _{ns} [kW]			I max _{ns} [A]		
			dopoledne	večer	noc	dopoledne	večer	noc	dopoledne	večer	noc	dopoledne	večer	noc
TS11	SR8	25	79,93	75,73	94,21	50,46	46,26	64,74	41,33	37,13	55,61	59,7	53,6	80,3
		50	138,86	134,66	153,14	79,93	75,73	94,21	61,66	57,46	75,94	89,0	82,9	109,6
		75	197,79	193,59	212,07	109,39	105,19	123,67	81,99	77,79	96,27	118,3	112,3	139,0
	SR25	25	109,93	99,73	144,61	80,46	70,26	115,14	71,33	61,13	106,01	103,0	88,2	153,0
		50	168,86	158,66	203,54	109,93	99,73	144,61	91,66	81,46	126,34	132,3	117,6	182,4
		75	227,79	217,59	262,47	139,39	129,19	174,07	111,99	101,79	146,67	161,6	146,9	211,7
	SR36	25	94,93	87,73	119,41	65,46	58,26	89,94	56,33	49,13	80,81	81,3	70,9	116,6
		50	153,86	146,66	178,34	94,93	87,73	119,41	76,66	69,46	101,14	110,7	100,3	146,0
		75	212,79	205,59	237,27	124,39	117,19	148,87	96,99	89,79	121,47	140,0	129,6	175,3
	SR66	25	82,93	78,13	99,25	53,46	48,66	69,78	44,33	39,53	60,65	64,0	57,1	87,5
		50	141,86	137,06	158,18	82,93	78,13	99,25	64,66	59,86	80,98	93,3	86,4	116,9
		75	200,79	195,99	217,11	112,39	107,59	128,71	84,99	80,19	101,31	122,7	115,7	146,2
TS22	SR36	25	81,43	76,93	96,73	51,96	47,46	67,26	42,83	38,33	58,13	61,8	55,3	83,9
		50	140,36	135,86	155,66	81,43	76,93	96,73	63,16	58,66	78,46	91,2	84,7	113,2
		75	199,29	194,79	214,59	110,89	106,39	126,19	83,49	78,99	98,79	120,5	114,0	142,6
	SR36	25	88,93	82,93	109,33	59,46	53,46	79,86	50,33	44,33	70,73	72,6	64,0	102,1
		50	147,86	141,86	168,26	88,93	82,93	109,33	70,66	64,66	91,06	102,0	93,3	131,4
		75	206,79	200,79	227,19	118,39	112,39	138,79	90,99	84,99	111,39	131,3	122,7	160,8
	SR66	25	83,93	78,93	106,39	54,46	49,46	76,92	45,33	40,33	67,79	65,4	58,2	97,8
		50	142,86	137,86	165,32	83,93	78,93	106,39	65,66	60,66	46,12	94,8	87,6	66,6
		75	201,79	196,79	224,25	113,39	108,39	135,85	85,99	80,99	108,45	124,1	116,9	156,5

Přílohy H – Výkresová část

Kabelová mapa 0,4kV - stávající stav 1:1000:



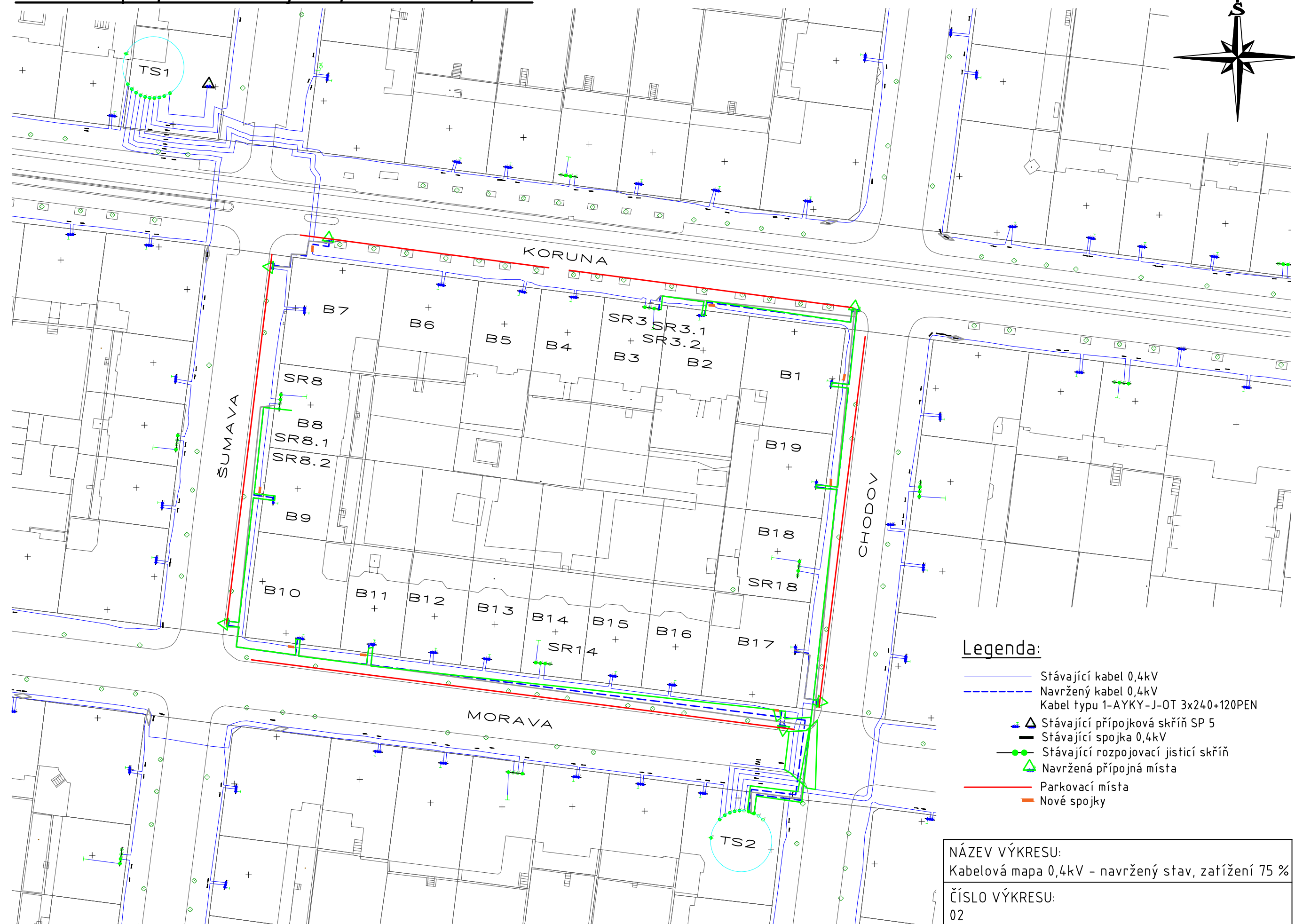
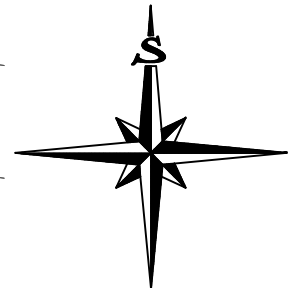
Legenda:

- Stávající kabel 0,4kV
- Stávající kabel 0,4kV řešený v našem území
Kabel typu 1-AYKY-J-OT 3x240+120PEN
- △ Stávající přípojková skříň SP 5
- Stávající spojka 0,4kV
- Stávající rozpojovací jisticí skříň
- ◇ Geodeticky zaměřená spojka

NÁZEV VÝKRESU:
Kabelová mapa 0,4kV - stávající stav

ČÍSLO VÝKRESU:
01

Kabelová mapa 0,4kV - navržený stav, zatížení 75 %, 1:1000:

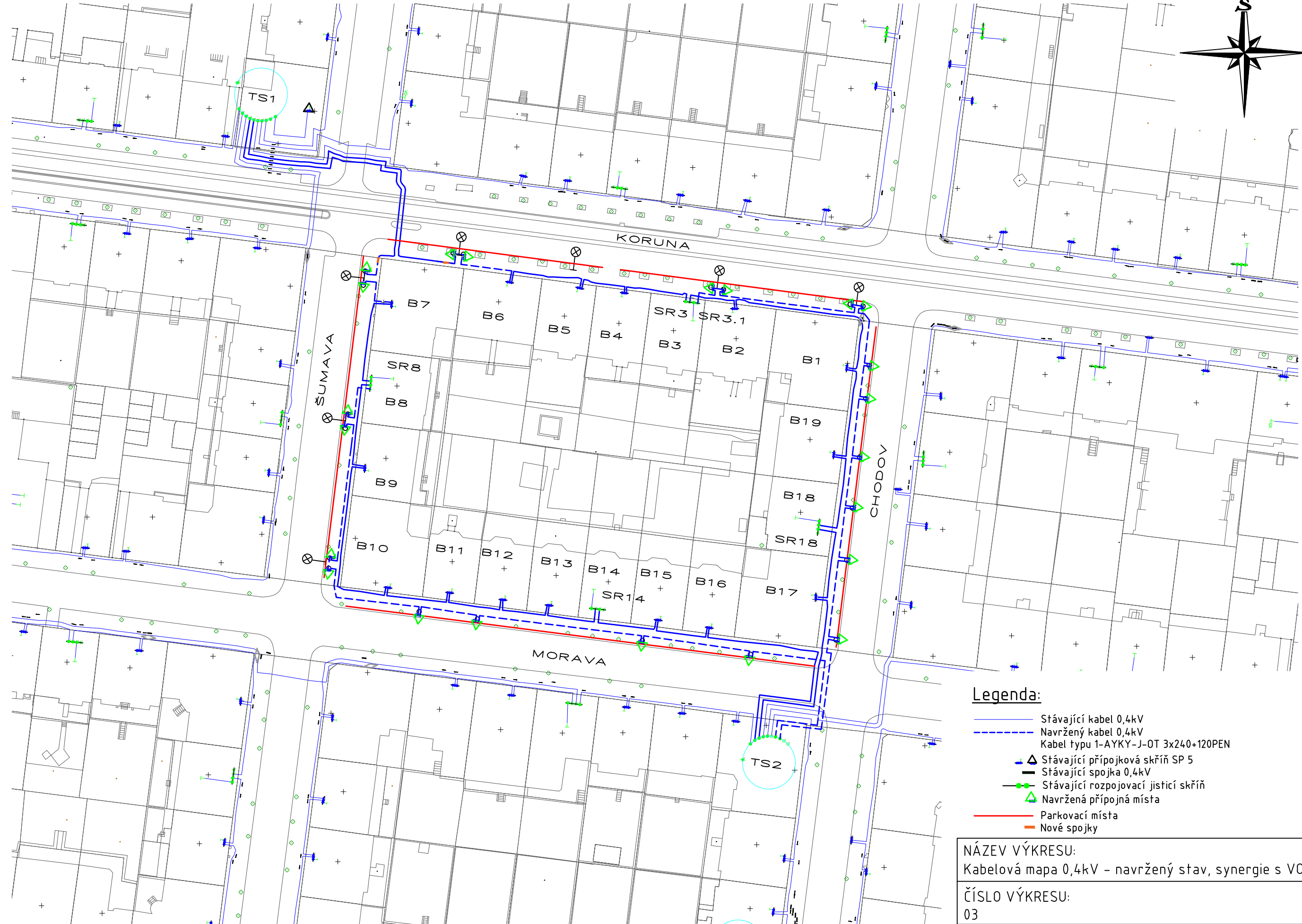
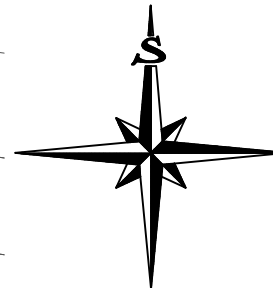


- Legenda:**
- Stávající kabel 0,4kV
 - Navržený kabel 0,4kV
Kabel typu 1-AYKY-J-OT 3x240+120PEN
 - Stávající přípojková skříň SP 5
 - Stávající spojka 0,4kV
 - Stávající rozpojovací jsticí skříň
 - Navržená přípojná místa
 - Parkovací místa
 - Nové spojky

NÁZEV VÝKRESU:
Kabelová mapa 0,4kV - navržený stav, zatížení 75 %

ČÍSLO VÝKRESU:
02

Kabelová mapa 0,4kV - navržený stav, synergie s V0:



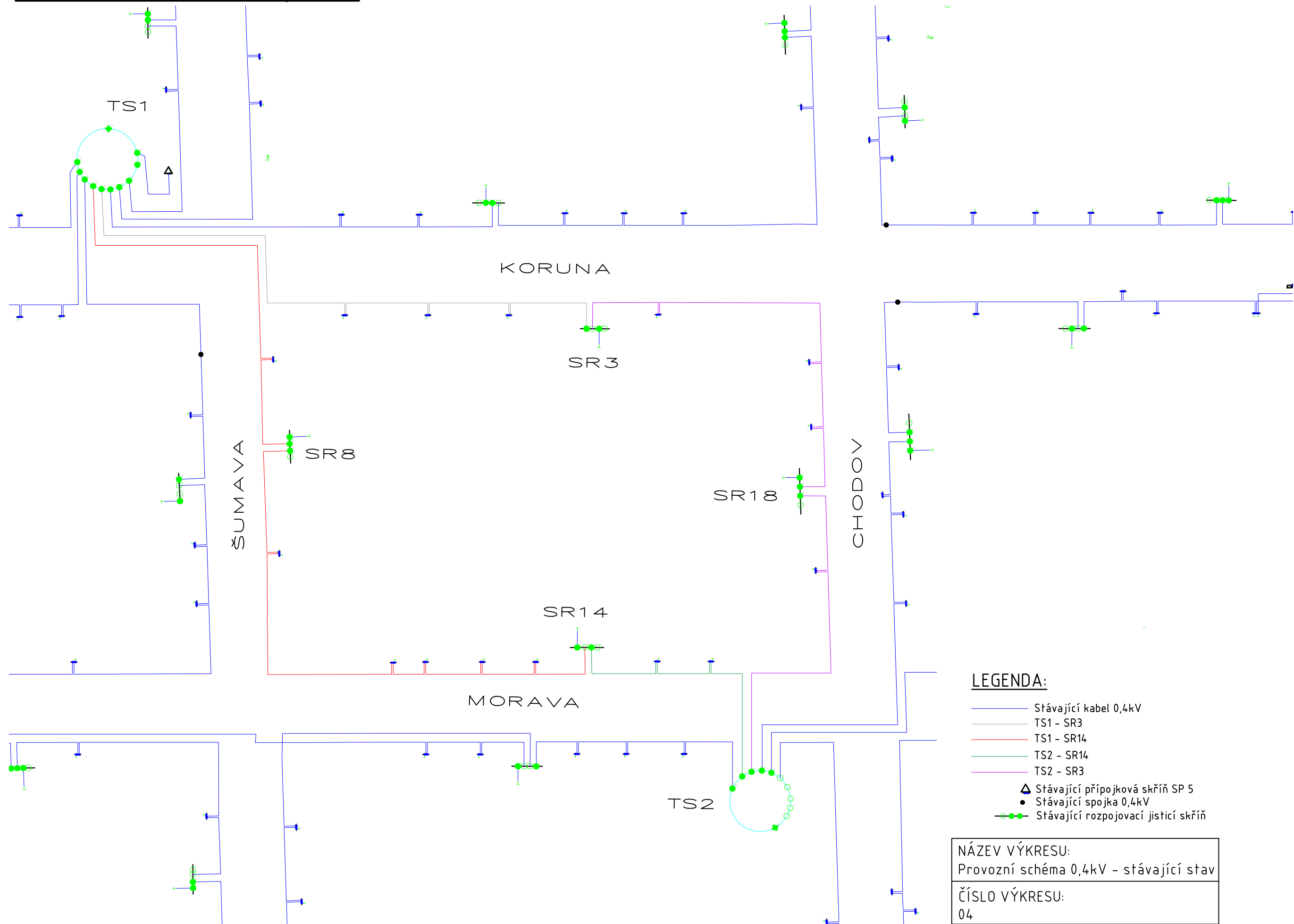
Legenda:

- Stávající kabel 0,4kV
- - - Navržený kabel 0,4kV
Kabel typu 1-AYKY-J-OT 3x240+120PEN
- △ Stávající přípojková skříň SP 5
- Stávající spojka 0,4kV
- Stávající rozpojovací jisticí skříň
- △ Navržená přípojná místa
- Parkovací místa
- Nové spojky

NÁZEV VÝKRESU:
Kabelová mapa 0,4kV - navržený stav, synergie s V0

ČÍSLO VÝKRESU:
03

Provozní schéma 0,4kV - stávající stav

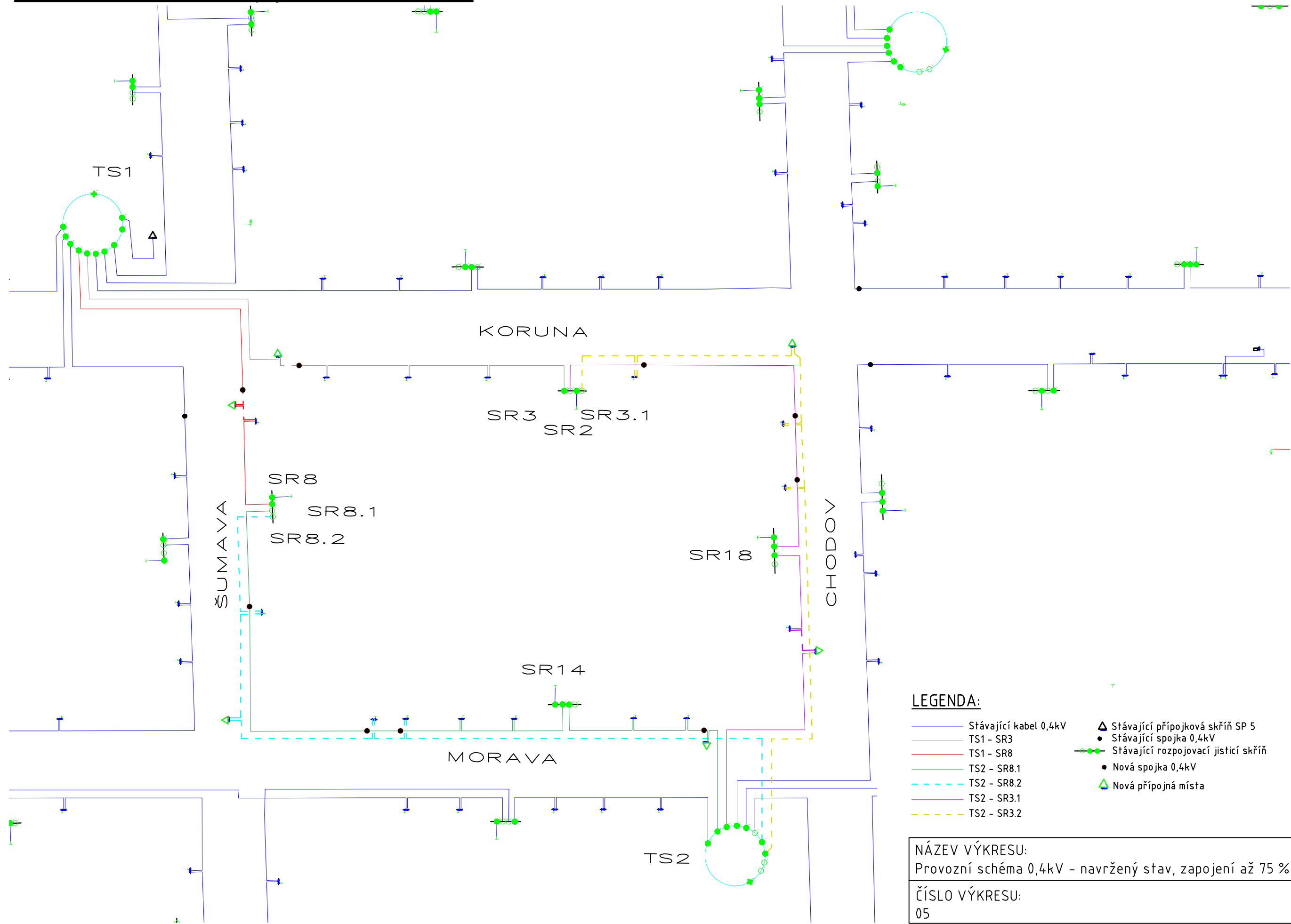


LEGENDA:

- Stávající kabel 0,4kV
- TS1 - SR3
- TS1 - SR14
- TS2 - SR14
- TS2 - SR3
- △ Stávající přípojková skříň SP 5
- Stávající spojka 0,4kV
- Stávající rozpojovací jističí skříň

NÁZEV VÝKRESU: Provozní schéma 0,4kV - stávající stav
ČÍSLO VÝKRESU: 04

Provozní schéma 0,4kV - zapojení až 75% nab. stanic



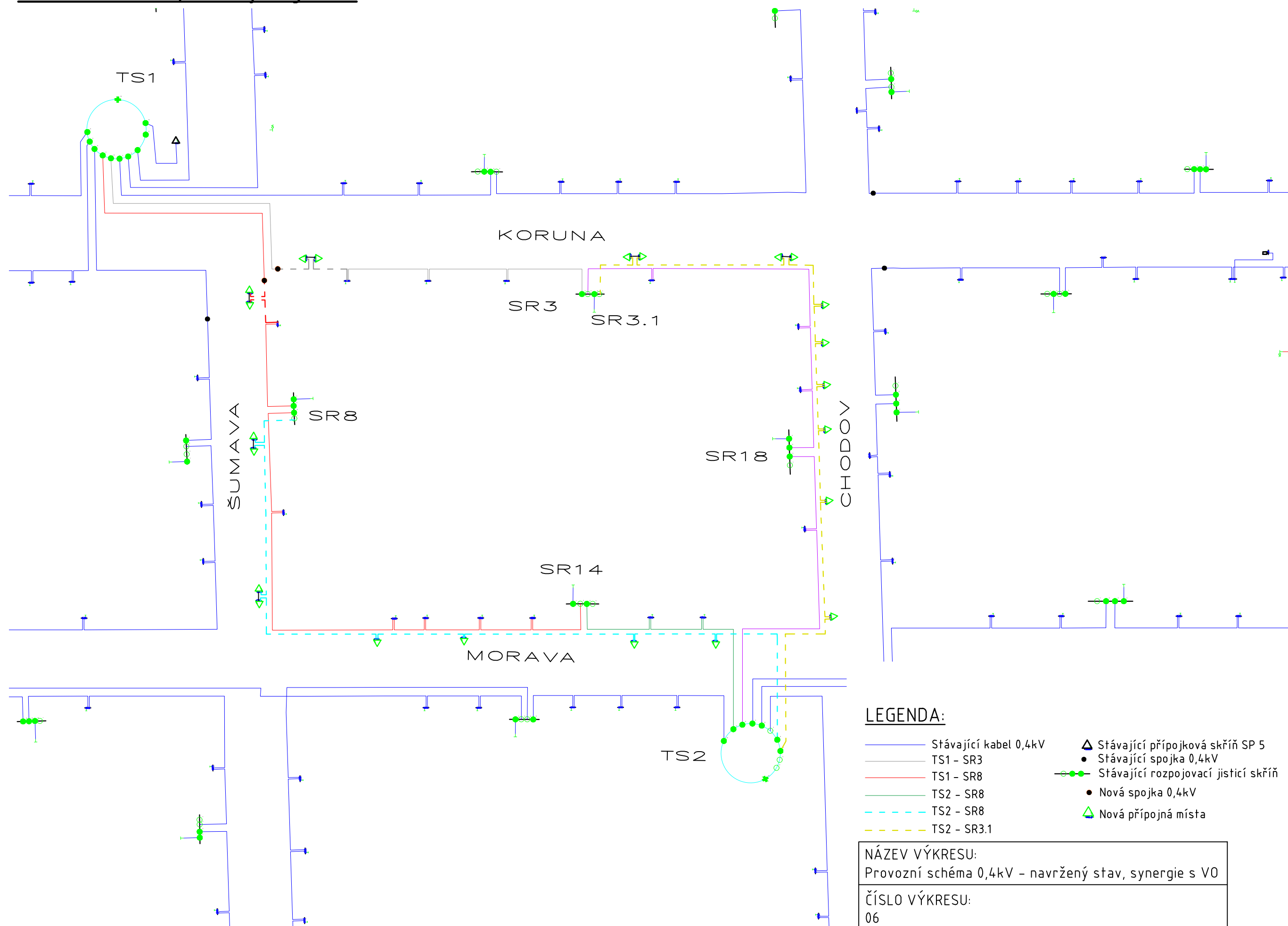
LEGENDA:

- Stávající kabel 0,4kV
- TS1 - SR3
- TS1 - SR8
- TS2 - SR8.1
- - - TS2 - SR8.2
- TS2 - SR3.1
- - - TS2 - SR3.2
- △ Stávající přípojková skříň SP 5
- Stávající spojka 0,4kV
- Stávající rozpojovací jisticí skříň
- Nová spojka 0,4kV
- △ Nová přípojná místa

NÁZEV VÝKRESU:
 Provozní schéma 0,4kV - navržený stav, zapojení až 75 %

ČÍSLO VÝKRESU:
 05

Provozní schéma 0,4kV - synergie s V0



LEGENDA:

- Stávající kabel 0,4kV
- TS1 - SR3
- TS1 - SR8
- TS2 - SR8
- TS2 - SR8
- TS2 - SR3.1
- ▲ Stávající přípojková skříň SP 5
- Stávající spojka 0,4kV
- Stávající rozpojovací jisticí skříň
- Nová spojka 0,4kV
- ▲ Nová přípojná místa

NÁZEV VÝKRESU:
Provozní schéma 0,4kV - navržený stav, synergie s V0

ČÍSLO VÝKRESU:
06



Legenda:

- Stávající kabel 0,4kV
- Stávající kabel 0,4kV řešený v našem území
Kabel typu 1-AYKY-J-0T 3x240+120PEN
- ▲ Stávající přípojková skříň SP 5
- Stávající spojka 0,4kV
- Stávající rozpojovací jisticí skříň
- ◊ Geodeticky zaměřená spojka

NÁZEV VÝKRESU:
Kabelová mapa 0,4kV - stávající stav
ČÍSLO VÝKRESU:
07

Kabelová mapa 0,4kV - navržený stav 1:1000:

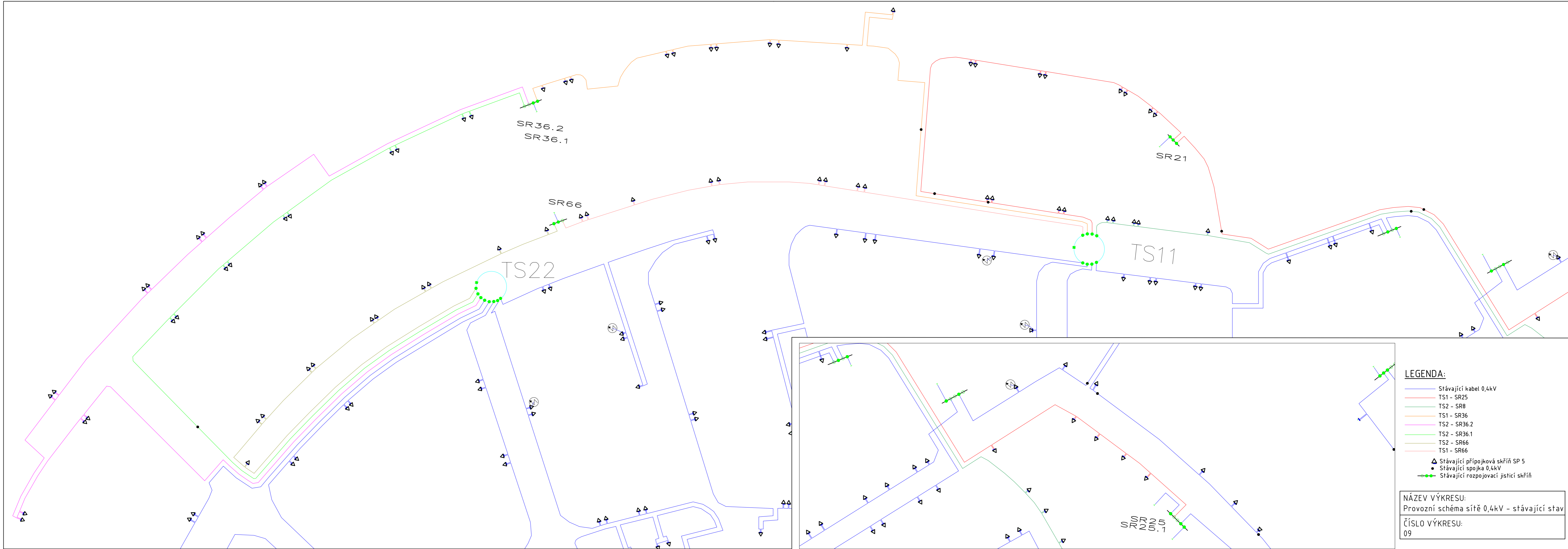


- Legenda:**
- Stávající kabel 0,4kV
 - - - - - Navržený kabel 0,4kV
 - Kabel typu 1-AYKY-J-OT 3x240+120PEN
 - ▲ Stávající přípojková skříň SP 5
 - ▲ Stávající spojka 0,4kV
 - ▲ Stávající rozpojovací jističí skříň
 - ▲ Nové spojky
 - ▲ Obnova přípojkové skříně
 - ▲ Obnova rozpojovací skříně

NÁZEV VÝKRESU:
Kabelová mapa 0,4kV - navržený stav

ČÍSLO VÝKRESU:
08

Provozní schéma sítě 0,4kV - stávající stav



LEGENDA:

- Stávající kabel 0,4kV
- TS1 - SR25
- TS2 - SR8
- TS1 - SR36
- TS2 - SR36.2
- TS2 - SR36.1
- TS2 - SR66
- TS1 - SR66
- ▲ Stávající přípojková skříň SP 5
- Stávající spojka 0,4kV
- - - Stávající rozpojovací jistič skříň

NÁZEV VÝKRESU:
Provozní schéma sítě 0,4kV - stávající stav

ČÍSLO VÝKRESU:
09

Provozní schéma sítě 0,4kV - navržený stav

