

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra informačních technologií (KIT)



Diplomová práce

System dobíjecích stanic a chytrého řízení budov

Bc. Jakub Beneš

© 2022/2023 ČZU v Praze

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jakub Beneš

Informatika

Název práce

System dobíjecích stanic a chytrého řízení budov

Název anglicky

EV charging stations and intelligent building management system

Cíle práce

Diplomová práce je zaměřena na problematiku systému dobíjecích stanic s vysokým odběrem energie v rámci budovy. Práce se zabývá systémem napojení dobíjecích stanic a chytrého řízení budov. Hlavním cílem je doporučení a navrhnutí vhodného systému pro řízení dobíjení na dobíjecích stanicích pro prostředky eMobility v rámci chytrého řízení budov.

Dílčí cíle:

- analyzovat problematiku odběru energie dobíjecími stanicemi v rámci budovy,
- charakterizovat problematiku a aktuální možnosti chytrého řízení budov,
- analyzovat vhodná řešení a jejich nasazení,
- zhodnotit efektivnost a použité technologie pro dobíjecí stanice v rámci řízení budov.

Metodika

Teoretická část diplomové práce se bude zakládat na analýze a rešerši odborných zdrojů v rámci dobíjecích stanic pro elektromobily a chytrého řízení budov.

Vlastní zpracování je realizováno na studiu, analýze a vlastních zkušenostech se systémem dobíjecích stanic v oblasti chytrého řízení budov.

Na základě teoretických a praktických poznatků budou zhodnoceny vybraná řešení pro systémy dobíjecích stanic v oblasti chytrého řízení budov. Na základě syntézy těchto poznatků budou zpracovány závěry diplomové práce.

Doporučený rozsah práce

60–80 stran

Klíčová slova

dobíjecí stanice, řízení dobíjení, řízení budov, chytrá budova, IBMS

Doporučené zdroje informací

- BABROWSKI Sonja, HEINRICHS Heidi, JOCHEM Patrick, FICHTNER Wolf. Load shift potential of electric vehicles in Europe [online]. 2014 [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2014.01.019>
- BARSALI Stefano, CERAOLO Massimo, GIGLIOLI Romano, POLI Davide. Storage applications for Smartgrids [online]. 2015 [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.epr.2014.07.029>
- HARBRECHT Alexander, MCKENNA Russell, FISCHER David, FICHTNER Wolf. Behavior-oriented Modeling of Electric Vehicle Load Profiles: A Stochastic Simulation Model Considering Different Household Characteristics, Charging Decisions and Locations [online]. 2016 [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000082537/8188751>
- MARKEL T., MEINTZ A., HARDY K., CHEN B., BOHN T., SMART J., SCOFFIELD D., HOVASPIAN R., SAXENA S., MACDONALD J., KILICCOTE S., KAHL K., PRATT R. Multi-lab EV Smart Grid Integration Requirements Study [online]. 2015 [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: <https://www.nrel.gov/docs/fy15osti/63963.pdf>
- SUDHARSHAN RAVI Sai, AZIZ Muhammad. Utilization of Electric Vehicles for Vehicle-to-Grid Services [online]. 2022 [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: https://mdpi-res.com/d_attachment/energies/energies-15-00589/article_deploy/energies-15-00589.pdf
- VAN DEN HOED R., MAASE S., HELMUS J., WOLBERTUS R., BOUHASSANI Y., DAM J., TAMIS M., JABLONSKA B. E-mobility: getting smart with data [online]. 2019 [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Rick-Wolbertus-2/publication/334625203_E-mobility_getting_smart_with_data/links/5e2b0c9aa6fdcc70a148d96a/E-mobility-getting-smart-with-data.pdf
- WIRGES, Johannes. Planning the Charging Infrastructure for Electric Vehicles in Cities and Regions [online]. 2016 [cit. 2022-05-09]. ISBN 978-3-7315-0501-3. Dostupné z: <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000053253/3877194>
-

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – PEF

Vedoucí práce

Ing. Michal Stočes, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra informačních technologií

Elektronicky schváleno dne 14. 7. 2022

doc. Ing. Jiří Vaněk, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 28. 11. 2022

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 29. 03. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Systém dobíjecích stanic a chytrého řízení budov" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 29. března 2023

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval panu Ing. Michalovi Stočesovi, Ph.D. za podporu a vedení této diplomové práce, která navazuje na naši spolupráci na bakalářské práci, která probíhala taktéž pod jeho vedením.

Systém dobíjecích stanic a chytrého řízení budov

Abstrakt

Diplomová práce s tématem Systém dobíjecích stanic a chytrého řízení budov se zabývá problematikou napojení dobíjecích stanic v rámci budovy. Práce se zabývá problematikou privátního dobíjení na vlastní dobíjecí stanici a možnosti zapojení do systému chytré budovy či domácnosti. Zároveň se práce zabývá možností napojení systému jako celku na zdroj zelené energie, konkrétně fotovoltaické elektrárny. V rámci studia možností dobíjení a integrace do systémů řízení budovy byly porovnávány systémy pro řízení a automatizaci chytré budovy. Byly porovnány dva vybrané systémy vhodné pro integraci dobíjecí stanice a fotovoltaické elektrárny. Na základě získaných poznatků a komparace funkcí a vlastností obou systémů byl v rámci studia upřednostněn systém Loxone. V rámci dobíjení elektromobilu na vlastní neveřejné stanici byly doporučeny komunikační protokoly a způsob získání informací a ovládní dobíjecí stanice z centrálního systému pro řízení budovy. Na základě analýzy byly v závěru práce doporučeny tři základní modely pro možnost integrace kombinace dobíjecí stanice a fotovoltaické elektrárny v modelových případech dle zjištěných požadavků včetně zohlednění možnosti využití dotace na pořízení. Zároveň byl zohledněn očekávaný nástup technologie vracení elektrické energie zpět do sítě pomocí technologie Vehicle to Home (V2H), které se podpora na trhu elektromobility rozšiřuje v rámci výrobců elektromobilů a dostává se i do povědomí lidí pomocí výrobců dobíjecích stanic podporujících tuto technologii v blízké budoucnosti.

Klíčová slova: dobíjecí stanice, systém pro řízení budovy, vehicle to home, vehicle to grid, V2H, V2G, elektromobil, e-mobilita, fotovoltaická elektrárna, Loxone, Domoticz

EV charging stations and intelligent building management system

Abstract

The master thesis with the topic EV charging stations and intelligent building management system deals with the issue of connecting charging stations within a building. The thesis deals with the issue of private charging at a private charging station and the possibility of connecting it to a smart building or household system. At the same time, the thesis deals with the possibility of connecting the system as a whole to a source of green energy, namely photovoltaic power plants. In order to study the possibilities of recharging and integration into building management systems, systems for smart building control and automation were compared. Two selected systems suitable for the integration of a charging station and a photovoltaic power plant were compared. Based on the knowledge gained and the comparison of the functions and features of the two systems, the Loxone system was preferred in the study. In the context of charging an EV at its own non-public station, the communication protocols and the method of obtaining information and controlling the charging station from the central building management system were recommended. Based on the analysis, the thesis concluded by recommending three basic models for the possibility of integrating the combination of a charging station and a photovoltaic power plant in the model cases according to the identified requirements, including the consideration of the possibility of using a subsidy for the acquisition. At the same time, the expected emergence of Vehicle to Home (V2H) technology for returning electricity back to the grid was taken into account, which is being promoted in the EV market by EV manufacturers and is also reaching people's awareness through charging station manufacturers supporting this technology in the near future.

Keywords: charging station, building management system, vehicle to home, vehicle to grid, V2H, V2G, electric vehicle, e-mobility, photovoltaic power plant, Loxone, Domoticz

Obsah

1	Úvod	12
2	Cíl práce a metodika.....	13
2.1	Cíl práce	13
2.2	Metodika.....	13
3	Teoretická východiska.....	14
3.1	Způsoby dobíjení na dobíjecích stanicích	14
3.1.1	Nekontrolované dobíjení	14
3.1.2	Kontrolované dobíjení.....	15
3.1.3	Kontrolované dobíjení a vybíjení.....	18
3.2	Řízení nabíjení na dobíjecích stanicích	19
3.2.1	Lokální řídicí mechanismy	19
3.2.2	Agregované řídicí mechanismy	24
3.3	Síť dobíjecích stanic a Smart Grid	26
3.3.1	Smart Grid v rámci e-mobility	26
3.3.2	Vehicle to Grid	27
3.3.3	Vehicle to Home	29
3.4	Řízení energetické části budov	30
3.4.1	Chytrá budova	31
3.4.2	Systemy pro řízení budovy	33
3.4.3	Chytrá budova a Vehicle to Home	34
4	Vlastní práce	37
4.1	Kontrolované dobíjení a způsob řízení.....	38
4.1.1	Řízení dobíjení	38
4.1.2	Efektivita řízeného dobíjení	39
4.2	Dobíjení a systém Vehicle to Home.....	42
4.2.1	Chytrá domácnost a Vehicle to Home	43
4.2.2	Obousměrné dobíjecí stanice	43
4.2.3	Využití elektromobilu jako baterie.....	45
4.2.4	Kompatibilita systému Vehicle to Home	47
4.2.5	Využití zelené energie pro dobíjení	48
4.3	System pro řízení budovy a Vehicle to Home.....	53
4.3.1	Požadavky na systém	53
4.3.2	Prostředí systému řízení	59
4.3.3	Integrace dobíjecí stanice a fotovoltaiky.....	60
4.3.4	Porovnání systému Loxone a Domoticz	62
4.4	Náklady na systém domácího dobíjení.....	64

4.4.1	Výběr řídicího systému	64
4.4.2	Pořízení fotovoltaiky	66
4.4.3	Výběr dobíjecí stanice.....	68
4.4.4	Využití dotace	69
5	Výsledky a diskuse.....	71
5.1	Modelové situace	71
5.1.1	Model Rodinný dům	71
5.1.2	Model Chata.....	72
5.1.3	Model Nízká spotřeba	72
5.1.4	Model Příležitostné nabíjení	73
6	Závěr	75
7	Seznam použitých zdrojů.....	77
8	Seznam použitých obrázků.....	86
9	Seznam použitých tabulek	87
10	Seznam použitých zkratk	87

1 Úvod

Diplomová práce se věnuje aktuální problematice ze světa e-mobility v oblasti dobíjení na neveřejných dobíjecích stanicích v rámci systému pro řízení budovy. První část práce se věnuje teoretické rešerši odborných zdrojů, které slouží jako podklad pro další výzkum, který byl realizován na základě zjištěných informací. V praktické části se práce věnuje praktickému popisu a výzkumu problematiky, závěrečným výsledkům a zjištěním.

Práce se zabývá možnostmi privátního nabíjení v kombinaci využití zelené energie jako možného čistého zdroje pro dobíjení elektromobilu. Jednomu z témat, kterými se práce zabývá je výběr vhodného systému pro řízení budovy vzhledem k požadavkům uživatele. Práce se také věnuje možnostem napojení dobíjecích stanic na centrální systém v kombinaci s fotovoltaickou elektrárnou. Práce se zabývá současně pohledem do budoucna na začínající adoptování technologie pro vracení elektrické energie uložené v baterii elektromobilu zpět do veřejné elektrické distribuční sítě nebo do lokální elektrické sítě v rámci budovy.

Práce se dále věnuje finanční náročnosti na pořízení vlastní dobíjecí stanice a pořízení fotovoltaické elektrárny za účelem úspory nákladů na energie a snížení závislosti systému budovy na veřejné distribuční síti. Cílem práce je doporučení několika vhodných modelů pro různé situace, které by bylo možné využít při realizaci domácího nabíjení s ohledem na využití zelené energie. Práce zkoumá také technické možnosti dobíjecích stanic a systémů pro řízení budov a automatizaci domácností. Výstupem práce jsou vhodná doporučení na základě modelových situací pro podporu realizace napojení dobíjecích stanic v rámci chytrého řízení budovy a zdroje zelené elektrické energie.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Diplomová práce je zaměřena na problematiku systému dobíjecích stanic s vysokým odběrem energie v rámci budovy. Práce se zabývá systémem napojení dobíjecích stanic a chytrého řízení budov. Hlavním cílem je doporučení a navrhnutí vhodného systému pro řízení dobíjení na dobíjecích stanicích pro prostředky e-mobility v rámci chytrého řízení budov.

Dílčí cíle

- analyzovat problematiku odběru energie dobíjecími stanicemi v rámci budovy,
- charakterizovat problematiku a aktuální možnosti chytrého řízení budov,
- analyzovat vhodná řešení a jejich nasazení,
- zhodnotit efektivnost a použité technologie pro dobíjecí stanice v rámci řízení budov.

2.2 Metodika

Teoretická část diplomové práce se bude zakládat na analýze a rešerši odborných zdrojů v rámci dobíjecích stanic pro elektromobily a chytrého řízení budov.

Vlastní zpracování je realizováno na studiu, analýze a vlastních zkušenostech se systémem dobíjecích stanic v oblasti chytrého řízení budov.

Na základě teoretických a praktických poznatků budou zhodnoceny vybraná řešení pro systémy dobíjecích stanic v oblasti chytrého řízení budov. Na základě syntézy těchto poznatků budou zpracovány závěry diplomové práce.

3 Teoretická východiska

3.1 Způsoby dobíjení na dobíjecích stanicích

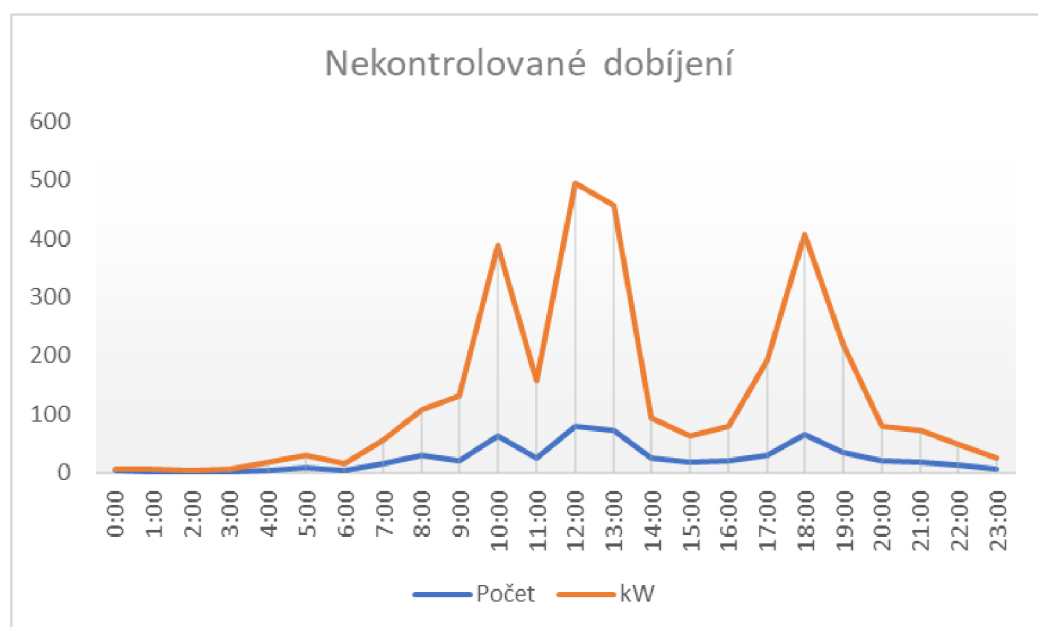
V rámci veřejných dobíjecích stanic, ale i soukromých stanic je možné realizovat dobíjení na dobíjecích stanicích dvěma způsoby. Přesněji se jedná o nekontrolované dobíjení a kontrolované dobíjení. Rozdíly jsou zejména v principech řízení samotného dobíjení a průběhu dobíjení energie do vozidla. Zároveň je možné uvažovat o teoretickém vybíjení vozidla zpět do elektrické sítě pomocí technologie Vehicle to Anything (V2X) a dalších podtypech této technologie [1][7].

3.1.1 Nekontrolované dobíjení

Význam nekontrolované dobíjení si je možné představit také pod pojmem neplánované dobíjení. V praxi se jedná o nejpoužívanější typ dobíjení elektrických vozidel na veřejné dobíjecí části poskytovatelů dobíjecích stanic (např. Pražská energetika a.s., ČEZ a.s., E.ON Energie a.s., innogy Česká republika a.s., atd.). Jedná se o styl dobíjení, kdy je na dobíjecí stanici dobíjeno v okamžiku příjezdu zákazníka a napojení elektrického vozidla k nabíjecí stanici. V ten okamžik je započato nabíjení více méně stálým nabíjecím výkonem (v závislosti na typu technologie AC – *zkratka pro střídavý proud* – či DC – *zkratka pro stejnosměrný proud* – a na samotných možnostech dobíjení vozidla) až do doplnění plné kapacity baterie. Z hlediska řízení dobíjení lze tento typ nabíjení nazývat také příležitostné nabíjení z důvodů nahodilosti příjezdů zákazníků s požadavkem nabíjet [1][4][5][6][7][11][14].

Nekontrolované nabíjení [7] je nejvíce rozšířené právě z důvodu snahy poskytovateli dobíjecích míst o pokrytí co možná největší oblasti pro poskytování dobíjení a takto zapojené dobíjecí stanice pracují nejčastěji v režimu bez energetického řízení při nízkém počtu konektorů (z pravidla do 2 konektorů, zejména pomalejšího dobíjení typu AC) či disponují interním energetickým řízením pro rozložení výkonu samostatné stanice mezi všechny konektory (zejména stanice s vyšším počtem AC konektorů, více než jedním DC konektorem nebo kombinací dobíjení pomocí technologie AC a DC současně).

Z důvodů vlastního řízení stanic v samostatném režimu, jsou takto zapojené stanice právě ty nejrizikovější z důvodu velké nahodilosti dobíjení [1][5][7]. To způsobuje špičky a výkyvy v energetické síti způsobené vysokým odběrem energie při dobíjení. Výkonové špičky tak lze zejména pozorovat v ranních hodinách, kdy lidé jezdí do práce, dále pak ve večerních hodinách, kdy se vrací zpět domů a v době dojezdu na nákupy a za dalšími obdobnými aktivitami bez pravidelného rytmu. Právě z těchto důvodů bývají integrovány alespoň základní ochrany proti extrémním špičkám, aby se předešlo jejich vzniku anebo byl jejich vznik omezen. Na grafu níže (*Obrázek 1*) jsou znázorněny energetické špičky při dobíjení většího počtu vozidel v ranních, poledních a večerních hodinách.



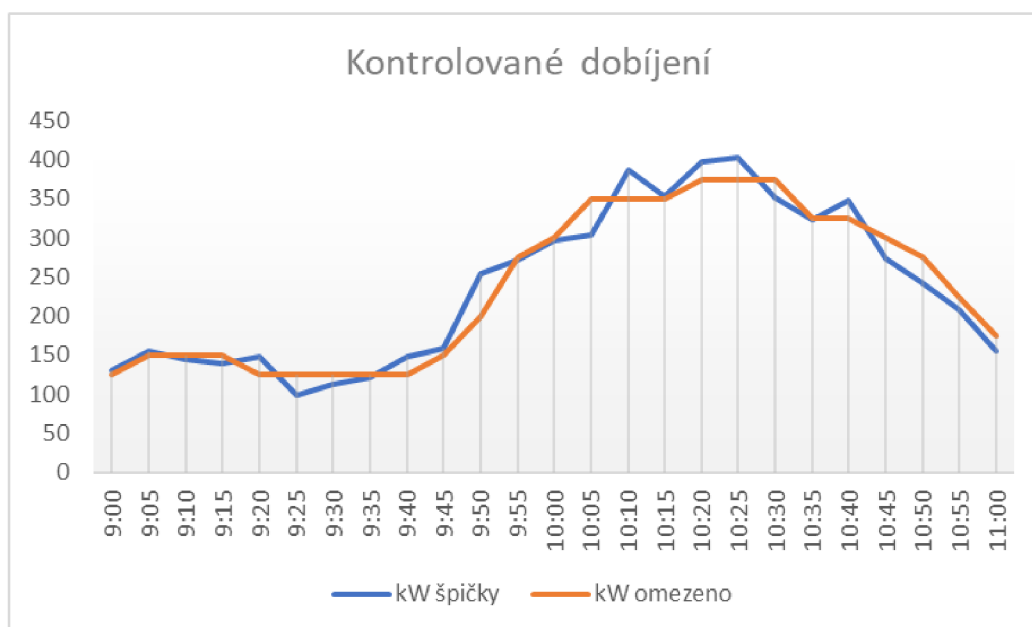
Obrázek 1 - Graf špiček nekontrovaného dobíjení, zdroj: autor

3.1.2 **Kontrolované dobíjení**

Kontrolované dobíjení [7] vzniklo jako odezva na nekontrolované dobíjení představené v předchozí kapitole. Kontrola či řízení dobíjení je reakcí na požadavky zákazníků při dobíjení elektrických vozidel a nároky poskytovatelů dobíjecích míst obsloužit všechny zákazníky bez rozdílu i při větším počtu současného nabíjení elektrických vozidel. Tento typ dobíjení lze také nazývat již chytrým nabíjením.

Většina dobíjecích stanic je vybavena interními mechanismy pro řízení dobíjení [1][7], které mají za úkol rozložit energii mezi vozidla a zabránit vzniku dalších špiček ať už lokálně v jedné stanici nebo ve větším počtu navzájem propojených stanic. Ke kontrole dobíjení bývají použity mechanismy pro omezení dodávané energie jednotlivým elektrickým vozidlům anebo časové omezení dobíjení (více v kapitole 3.2).

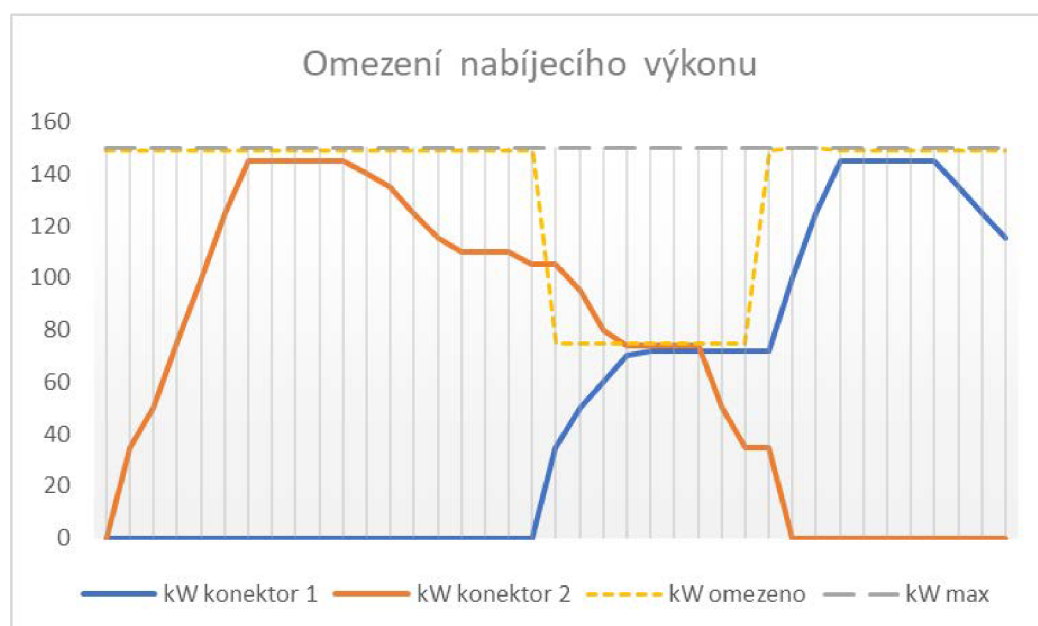
Díky integraci mechanismů pro řízení dobíjení lze lépe reagovat na špičky vzniklé energetickou zátěží při dobíjení anebo těmto špičkám i v určité míře předcházet. V posledních letech dochází k rychlému rozšiřování dobíjecí sítě pro elektromobily. Z tohoto důvodu se poskytovatelé současně snaží nasazovat modernější technologie, které neustále výrobci vylepšují a prochází dalším vývojem v reakci na požadavky reálného světa a odběratelů stanic. Díky tomu se začíná prosazovat právě technologie kontrolovaného či řízeného dobíjení. Proces kontroly dobíjení pomáhá vyrovnávat vzniklé špičky [1][2][4][6][7][14]. Na grafu (Obrázek 2) je možné pozorovat snahu o vyrovnání špiček pomocí omezení výkonu dobíjení. Jak je z grafu patrné, snahou je špičky částečně vyhladit či minimalizovat.



Obrázek 2 - Graf špiček kontrolovaného dobíjení, zdroj: autor

Za pomoci kontrolovaného dobíjení [7] je možné v rámci oblasti reagovat i na výkyvy v energetické síti vzniklé ať už vysokým odběrem připojených jednotek (např. domácnosti, veřejné osvětlení, obchody apod.) či nedostatkem výroby elektrické energie – dobrým příkladem je snížená výroba elektrické energie pomocí solárních elektráren během noci, či snížená dodávka z větrných elektráren při snížených povětrnostních vlivech až bezvětří. Zároveň tyto mechanismy mají i funkci opačného charakteru, tedy napomoci rozložit energii při vyšší výrobě energie. Za pomoci takových řídicích mechanismů lze dosáhnout lepšího využití celkové dobíjecí kapacity sítě dobíjecích stanic.

Ke kontrolovanému dobíjení se váží 2 druhy řízení dobíjení – lokální či interní, které je součástí téměř každé dobíjecí stanice a je možné jej nastavit individuálně a agregované či externí, řízené mimo samotnou dobíjecí stanici s možností obsloužit více dobíjecích stanic najednou (*více v kapitole 3.2*) [1][6][7][14]. Na obrázku níže (*Obrázek 3*) je graficky znázorněno omezení při nabíjení vozidla na jednom konektoru a snížení maximálního výkonu při zapojení vozidla druhého k téže dobíjecí stanici. Celkový výkon nabíjení je rozdělen mezi obě vozidla a po opuštění stanice jedním z vozidel je omezení rozdělení výkonu upraveno.

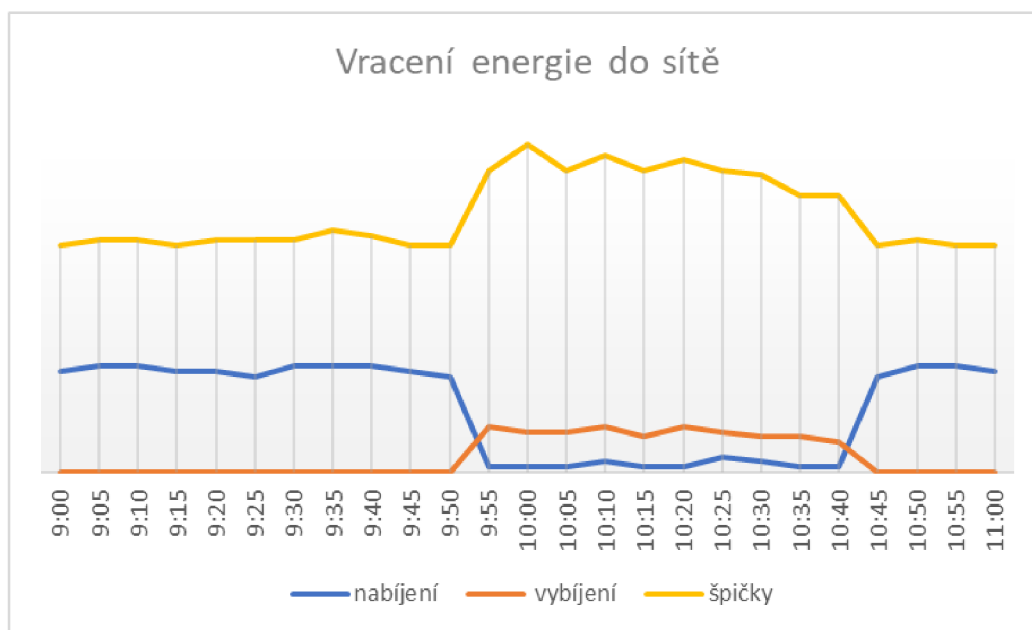


Obrázek 3 - Graf omezení nabíjecího výkonu, zdroj: autor

3.1.3 Kontrolované dobíjení a vybíjení

Vyšším stupněm řízeného dobíjení je kontrolované (řízené) dobíjení a vybíjení [7]. Základní princip spočívá v umožnění vybití bateriového článku elektrického vozidla a poskytnutí energie zpět do elektrické sítě. Tento koncept se odvozuje od názvu *Smart Grid* a označuje se jako *Vehicle to Grid*. Zatím se tento způsob dobíjení v praxi téměř nevyužívá a funguje převážně ve fázích testů a vývoje. Obecně lze ale tvrdit, vzhledem k rozšiřujícímu se počtu elektromobilů a nárokům na jejich dobíjení, že bude zanedlouho nasazován pro omezení nedostatku energie v energetické síti v určitých oblastech se slabší sítí [1][6][7].

Hlavní myšlenkou konceptu řízeného vybíjení je poskytnout potřebnou energii zpět do elektrické sítě v případě nutnosti vyrovnání poklesů a stabilizaci špiček. Energie uložená v bateriích ve vozidle – připojeném k dobíjecí stanici v systému *Smart Grid* – by tak poskytovala část své kapacity pro stabilizaci propadů v elektrické síti viz znázornění na grafu níže (*Obrázek 4*). Obdobně by řízené vybíjení bylo možné použít i v daleko menším měřítku než u poskytovatelů veřejných dobíjecích míst, jako mechanismus nazývaný *Vehicle to Home* či *Vehicle to Building* ve spojení s řízením (jedné) budovy – zejména použití v rodinných domech a firemních budovách. Více k oblasti *Smart Grid*, *Vehicle to Grid* a *Vehicle to Home* v kapitole 3.3.



Obrázek 4 - Graf vracení energie z elektromobilu do distribuční sítě, zdroj: autor

3.2 Řízení nabíjení na dobíjecích stanicích

Řízení nabíjení na dobíjecích stanicích je a mělo by být nedílnou součástí sítě dobíjecích stanic bez ohledu na její velikost. Už od jediné samostatné dobíjecí stanice, která si dokáže regulovat dodávaný výkon ať už na jednom konektoru, v návaznosti na možnosti elektrické distribuční sítě, do které je připojena, nebo regulovat dodávaný výkon mezi několika konektory bez ohledu na technologii (AC a DC – dobíjení střídavým nebo stejnosměrným proudem), mluvíme o aktivním řízení nabíjení. Dle způsobu řízení a velikosti řízené sítě dobíjecích stanic (označováno z angl. také jako *Grid*) rozlišujeme řízení lokální (interní) a řízení agregované (externí) [1][6][7].

3.2.1 Lokální řídicí mechanismy

Lokální řídicí mechanismy jsou prvky pro řízení dobíjení lokálně pro samostatnou dobíjecí stanici – také lze použít pro lokální zapojení více jednotlivých dobíjecích stanic v režimu Master-Slave – fungující na principu omezení či rozložení dodávaného výkonu mezi konektory a méně často na základě časového omezení nabíjení [1][6][14].

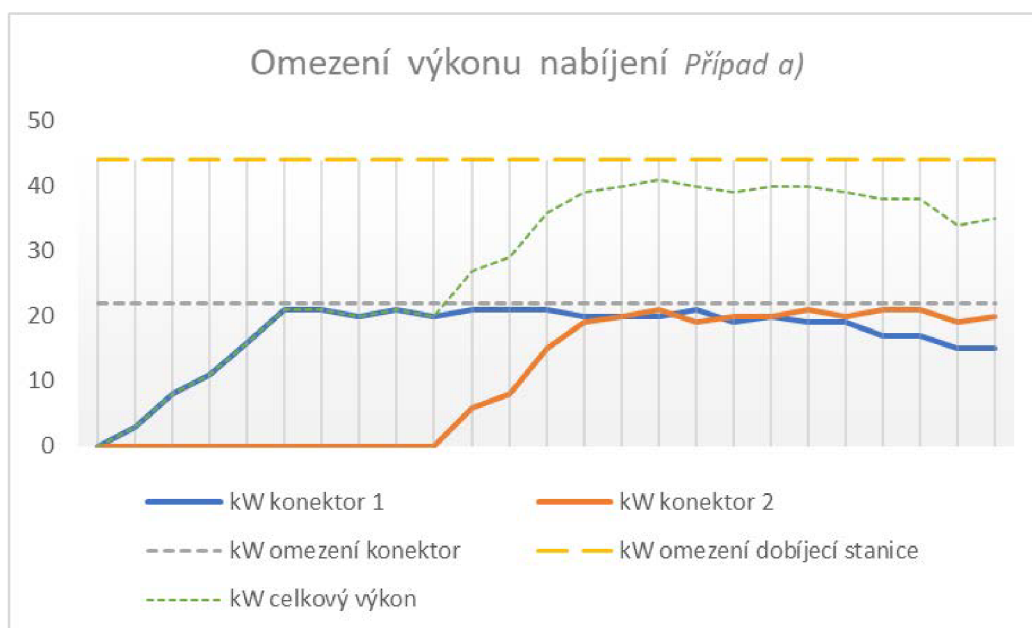
*Pozn. autora: režim Master-Slave lze nejčastěji z praxe chápat jako zapojení dvou a více dobíjecích stanic do série a přenechat řízení Masteru (může být pouze jedna stanice v síti) a zbytek stanic v režimu Slave se hlásí pouze jako konektory Masteru. Z toho vyplývá, že například se nám místo 3 samostatných dobíjecích stanic o dvou konektorech ($3 \text{ stanice} * 2 \text{ konektory} = 6 \text{ dobíjecích míst}$) hlásí pouze 1 dobíjecí stanice o 6 konektorech. Výsledek dobíjecích míst je tak stejný, ale zlepšuje se možnost řízení výkonu na těchto dobíjecích místech a zároveň se snižuje složitost při konfiguraci, kdy nedochází ke konfiguraci 3 stanic, ale pouze stanice jedné.*

Lokální řídicí mechanismy, zejména možnost omezení a distribuce výkonu mezi konektory je obsažena v 99 % používaných dobíjecích stanic určených pro veřejná dobíjecí místa. Distribuce výkonu mezi konektory je nejčastějším nástrojem poskytovatelů dobíjecích míst pro spolehlivé obslužení zákazníků

při využití co nejvyššího možného výkonu při maximálním možném odběru z energetické sítě v dané lokalitě.

Jednoduchým příkladem pro vysvětlení je ukázka principu dělení výkonu na běžné dobíjecí stanici typu AC se dvěma konektory. Každý konektor umožňuje dobíjení až 32 A 22 kW (v závislosti na typu elektrického vozidla).

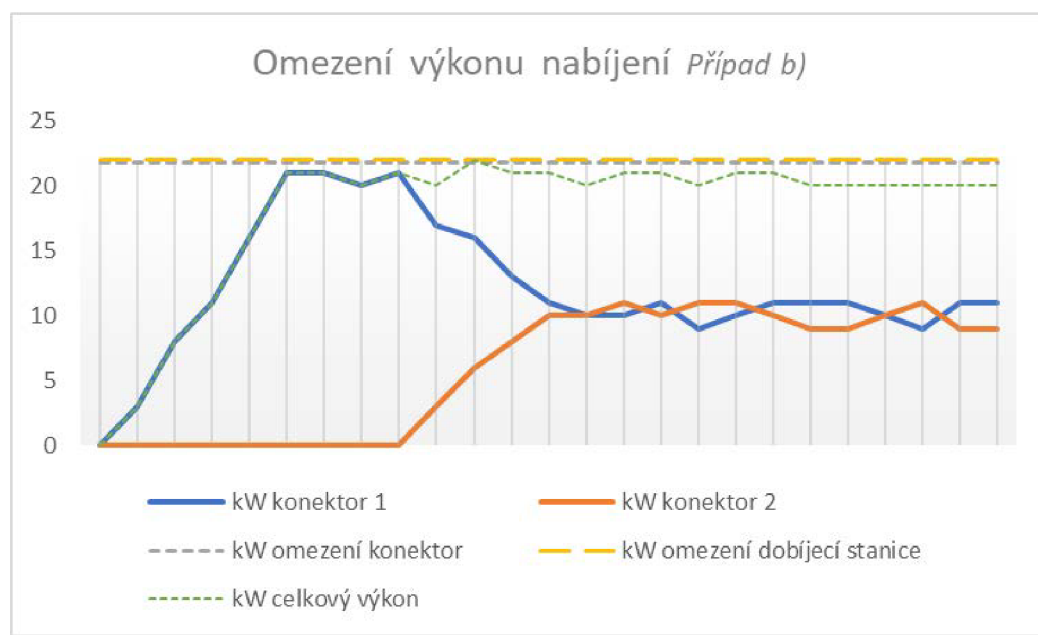
Případ a) Dobíjecí stanice má omezenou celkovou kapacitu na 63 A 44 kW. Pokud bude u takové stanice nabíjet jedno vozidlo, nabíjí výkonem až 22 kW. Druhé připojené vozidlo bude také moci nabíjet výkonem až 22 kW. Grafické znázornění průběhu omezení nabíjení na obrázku níže (*Obrázek 5*).



Obrázek 5 - Graf omezení výkonu nabíjení na dobíjecí stanici pro modelový případ a), zdroj: autor

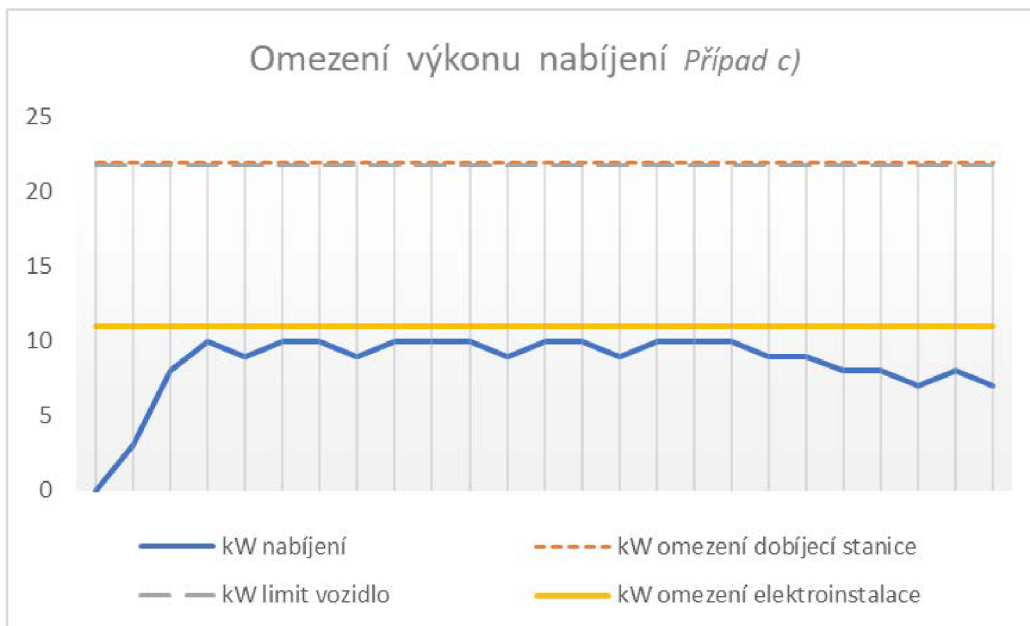
Případ b) Dobíjecí stanice má omezenou celkovou kapacitu na 32 A 22 kW. Pokud bude u takové stanice nabíjet právě jedno vozidlo, je umožněno nabíjení výkonem až 22 kW. Po připojení druhého vozidla dojde k poklesu dobíjení u prvního na výkon až 11 kW a druhé vozidlo bude moci dobíjet výkonem také až 11 kW v ideálním případě, kdy se jedná o vozidla se stejnými možnostmi dobíjení [14].

Případ b*) V případě, kdy by na dobíjecí stanici bylo dobíjeno vozidlo pouze s výkonem až 3,7 kW (elektromobily umožňující dobíjení pouze přes 1 fázi), bude umožněno druhému elektrickému vozidlu dobíjet vyšším výkonem až o rozdíl maximálního výkonu stanice a již poskytovaným výkonem nabíjenému vozidlu [14]. Vyobrazení průchodu nabíjení v případě b) a b*) je možné vyčíst z grafu níže (Obrázek 6).



Obrázek 6 - Graf omezení výkonu nabíjení na dobíjecí stanici pro modelový případ b), zdroj: autor

Případ c) Stanice má omezenou celkovou kapacitu na 16 A 11 kW (nižší kapacita stanice, než technologické možnosti konektoru bývá právě z důvodu slabé elektroinstalace v daném případě použití). Připojené vozidlo nikdy nemůže dobíjet vyšším výkonem než 11 kW. Aby nedocházelo k přílišnému omezení nabíjení již připojeného vozidla, může stanice automaticky deaktivovat po připojení prvního vozidla druhý konektor, aby bylo umožněno nabíjení plnou možnou kapacitou jedinému vozidlu [14]. Graf omezení výkonu nabíjení na následující stránce (Obrázek 7).

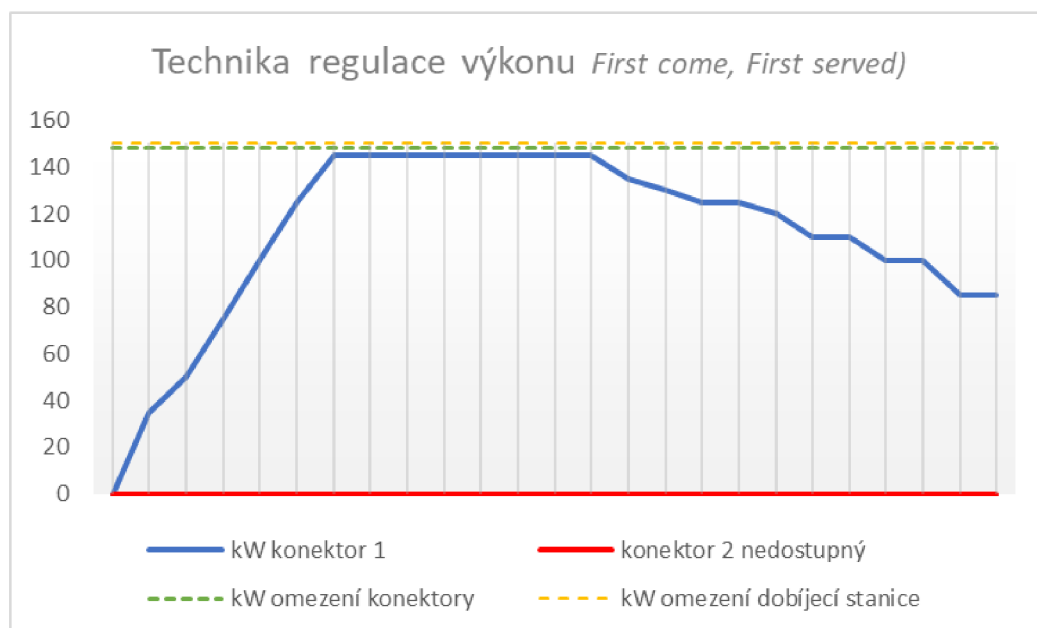


Obrázek 7 - Graf omezení výkonu nabíjení na dobíjecí stanici pro modelový případ c), zdroj: autor

Při rozdělování celkového nebo maximálního možného výkonu dobíjecí stanice mezi konektory se dle umístění volí různé strategie omezení. Používá se zejména omezení *First come, First served* (neboli také česky „*kdo dřív přijde, ten dřív mele*“) - využívaný zejména na místech, kde je žádoucí zachovat nejvyšší možnou kapacitu dobíjení pro první připojené vozidlo. Druhou metodou je způsob *Fair share* (neboli také česky „*spravedlivý díl*“) - obecně asi nejčastěji používaný způsob dělení a omezování výkonu pro dobíjení, při zachování možnosti dobíjení při relativně vysokém výkonu [1][2][6][14].

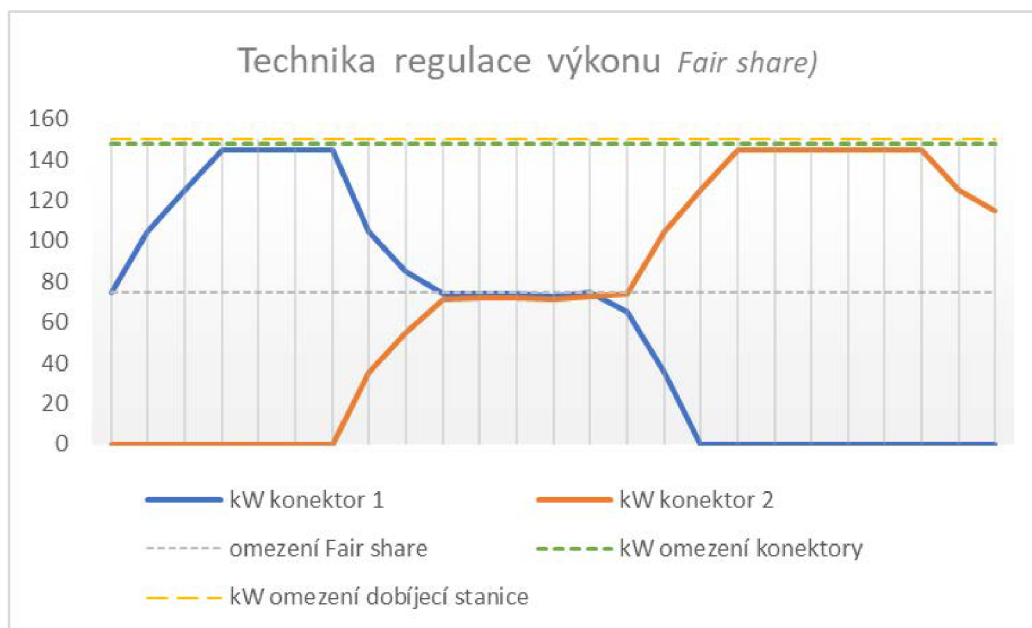
Jednoduché vysvětlení na příkladě s DC dobíjecí stanicí. Nejběžnější rychlodobíjecí stanice mají nejčastěji dobíjecí kapacitu o maximálním výkonu 150 kW. Maximální kapacita je maximální možný dodávaný výkon při zapojeném 1 vozidle. Pokud jsou k dobíjecí stanici připojena 2 vozidla, je maximální možný dodávaný výkon 75 kW na konektor, celkově tedy 150 kW.

Příklad First come, First served) Při připojení prvního vozidla k dobíjecí stanici dochází k započetí nabíjení plným výkonem až 150 kW (dle možností připojeného vozidla). Zároveň dochází k deaktivaci dalšího konektoru a znemožnění nabíjení druhého vozu a zpomalení nabíjení vozu prvního. Nejčastěji používáno na frekventovanějších místech pro rychlejší odbavení vozidel nebo na místech s velkým počtem dobíjecích stanic a míst [14]. Tato technika regulace dobíjecího výkonu je vyobrazena na obrázku níže (Obrázek 8).



Obrázek 8 - Graf znázorňující techniku regulace výkonu *First come, First server*, zdroj: autor

Příklad Fair share) Při připojení prvního vozidla k dobíjecí stanici dochází k započetí nabíjení plným výkonem až 150 kW jako v případě *First come, First served*. Nepochází k deaktivaci druhého konektoru a je zachován plný výkon nabíjení po co nejdelší možnou dobu. Po připojení druhého vozidla k dobíjecí stanici je výkon nabíjení prvního omezen na maximum 75 kW a druhé vozidlo začíná nabíjet výkonem až 75 kW. Po odpojení jednoho z vozidel je opět zvednut dobíjecí výkon na maximálních až 150 kW. Jedná se o nejrozšířenější metodu použití pro zachování dostatečného výkonu nabíjení pro všechna připojená vozidla. Bonusem je rychlejší dobíjení při připojeném 1 vozu [14]. Graf techniky regulace výkonu *Fair share* na následující straně (Obrázek 9).



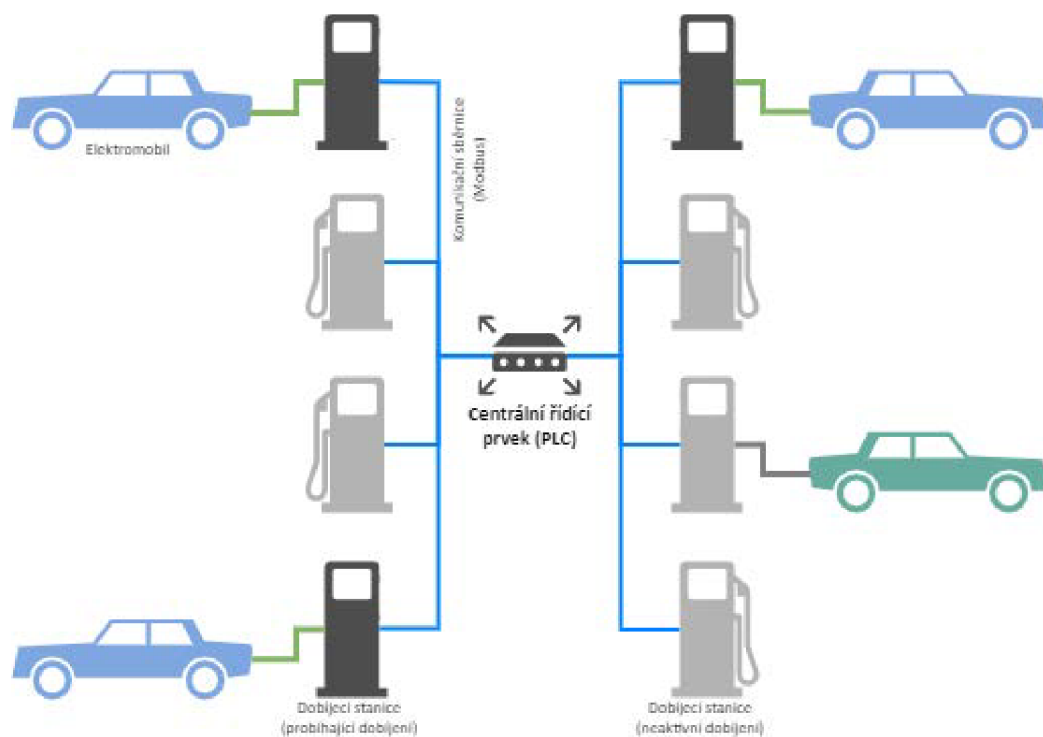
Obrázek 9 - Graf znázorňující techniku regulace výkonu Fair share, zdroj: autor

Pozn. maximální možný výkon se odvíjí od možností vozidel a způsobu nabíjení (při dobíjení na DC nabíjecích stanicích s rostoucím doplněním kapacity baterie klesá výkon nabíjení až na úroveň několika kW jako u AC stanic). Modelový příklad uveden pro způsob chování DC dobíjecích stanic Alpitronic HYC150 [14].

3.2.2 Agregované řídicí mechanismy

Agregované řídicí mechanismy [7] se dostávají zejména do použití se systémy Smart Grid u větších poskytovatelů veřejných dobíjecích míst a budovách s vysokým počtem dobíjecích míst pro flotily vozidel. Pro řízení výkonu dobíjecích stanic slouží externí systémy a technologie umístěné mimo dobíjecí stanice – jedná se o přesný opak lokálního řízení při malém počtu dobíjecích míst a režimech Master-Slave. Agregované řídicí mechanismy často spolupracují s dalšími systémy dle vybavení budov či gridu (sítě) poskytovatele veřejných stanic a dokáží lépe reagovat na výkyvy energie v elektrické síti – může se jednat o distribuční síť energetiky, resp. poskytovatele veřejného dobíjení nebo lokální elektrickou síť v budově či rodinném domě – způsobené omezenou výrobou a vysokou spotřebou energie [1][2][6].

Z toho vyplývá, že se jedná o centrální systém pro adoptování nekontrolovaného (neřízeného) dobíjení na dobíjení kontrolované (řízené) s ohledem na externí vlivy. Agregované mechanismy tak nachází své místo na místě centrálních systémů pro řízení stanic viz *Obrázek 10 (centrální systémy detailněji rozebrány v bakalářské práci – Implementace dobíjecích stanic pro prostředky e-mobility do síťové infrastruktury, Jakub Beneš, 2020/2021 ČZU v Praze).*



Obrázek 10 - Schéma mechanismu agregovaného řízení dobíjení, zdroj: autor

Použití agregovaného řízení dobíjení zatím není v České republice u poskytovatelů veřejných dobíjecích míst časté a prochází jejich využití zejména vývojem a konceptech nasazení [14]. Vyšší míra použití lze pozorovat v soukromém sektoru firem, které prochází obnovou vozového parku na elektromobily a zároveň se snaží myslet šetrněji k životnímu prostředí a nasazují tyto systémy pro efektivnější využití vlastních dobíjecích stanic pro podnikovou flotilu elektrických vozidel za účelem snížení nákladů na dobíjení ve svých budovách. Obdobný trend nasazování těchto systémů lze také pozorovat v novostavbách rodinných a bytových domů [3][7][8][11][16].

3.3 Síť dobíjecích stanic a Smart Grid

S rozšiřující se podporou a oblibou elektromobility mezi širokou veřejností vznikají zároveň systémy pro efektivnější řízení elektrické energie v distribuční síti a v síti dobíjecích stanic e-mobility. Spojení systému Smart Grid a veřejné sítě dobíjecích stanic pro elektromobily by měl přinést lepší možnost řízení elektrické sítě a reakce na možné špičky a propady pomocí stabilizace využitím baterie v eklektických vozidlech připojených do dobíjecí sítě [1][4][7].

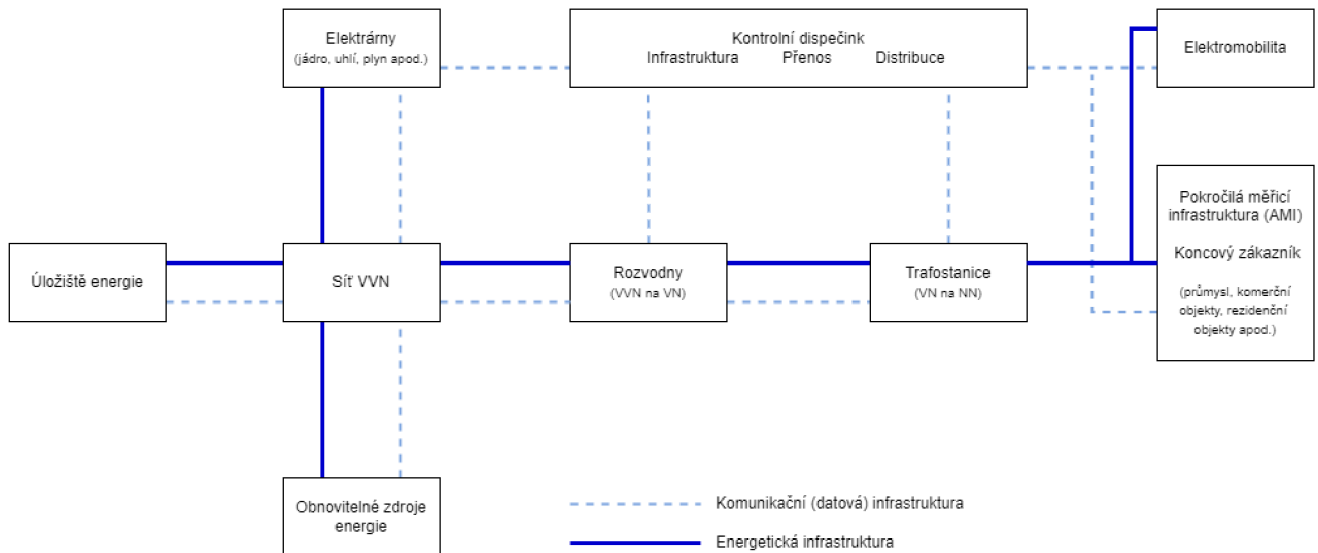
3.3.1 Smart Grid v rámci e-mobility

Smart Grid představuje způsob myšlení nad sítí dobíjecích stanic jakožto nad celkem, nikoli nad samostatnými jednotkami v komplexní síti objektů, které společně komunikují. V rámci dobíjecích stanic celá myšlenka Smart Gridu prochází evolucí již od samého počátku elektrických vozidel a veřejných dobíjecích stanic. Ať už se má jednat o rezervaci dobíjecího místa pro dobítí vozu před samotným příjezdem k dobíjecí stanici, reagování na aktuální stav zátěže elektrické distribuční sítě, stav výroby energie z obnovitelných – nestabilních – zdrojů (solární a větrné elektrárny) a podobně. V pojmu Smart Grid je dobíjecí stanice onen „Smart“ objekt a celá energetická distribuční síť právě „Grid“ [1][4][5][6][7].

Jednoduše řečeno, Smart Grid je ohromná komplexní síť distributora elektrické energie plná chytrých zařízení pravidelně hlásící svůj aktuální stav, na který může elektrická síť v dostatečné míře reagovat a být říditelnou dle aktuálních potřeb. Podmínkou řešení Smart Grid je nutnost přípravy samotné distribuční sítě pro chytré prvky. Samozřejmostí je integrace zejména chytrých budov, dobíjecích stanic a dalších prvků chytrého města, veřejné dopravy apod. [2][7][9][11][15].

Smart Grid v rámci e-mobility by znamenalo schopnost elektrické distribuční reagovat na zvýšený požadavek na dobíjení v určitých oblastech a laicky řečeno schopnost gridu vyrovnávat propady ve výkonu a srovnávat špičky zátěže „přeléváním“ energie z míst, kde jí je přebytek do míst, kde je aktuálně žádoucí

[17][18][19][20][21][22][23]. Zjednodušené blokové schéma komunikační a energetické infrastruktury technologie Smart Grid je vyobrazeno na obrázku níže (Obrázek 11).



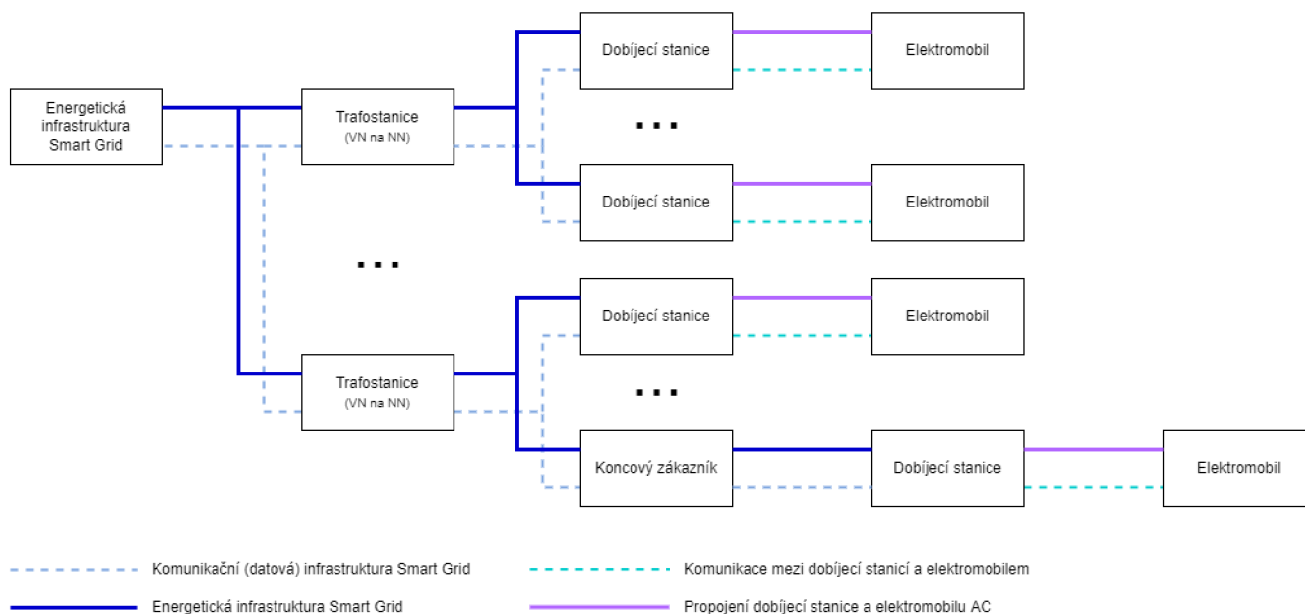
Obrázek 11 - Blokové schéma technologie Smart Grid, zdroj: autor

3.3.2 Vehicle to Grid

S myšlenkou Smart Grid je spojený koncept Vehicle to Grid (zkráceně V2G). Hlavním stavebním kamenem konceptu Vehicle to Grid je obrácení toku energie v případě potřeby, a to směrem z elektrického vozidla zpět do elektrické distribuční sítě. Koncept Vehicle to Grid byl vytvořen zejména se záměrem udržet provozuschopnou elektrickou síť napájenou z nestabilních zdrojů (solární a větrné elektrárny) za pomoci elektrických vozidel připojených do sítě [1][2][3][4].

Původem je myšlenka využití většiny elektrovozidel, které jsou nejčastěji přes noc připojeny k dobíjecím stanicím. Plně nabitě vozidlo by tak mohlo uvolnit část kapacity své baterie zpět do sítě – snaha o využití uskladněné energie v síti, která není v daném okamžiku potřeba. Elektrovozidla by tak mohla sloužit s nadsázkou obdobně jako baterie od solárních elektráren v rodinném domě, kde se přes den do baterií ukládá energie pro využití v době, kdy nelze elektřinu vyrábět (typicky

právě během noci). Elektrická vozidla by tak fungovala jako baterie elektrické distribuční sítě [5][10][11][17][22][24][25]. Zjednodušené blokové schéma kombinace Smart Grid infrastruktury společně s integrací systému pro elektrická vozidla Vehicle to Grid na následujícím obrázku (Obrázek 12).



Obrázek 12 - Blokové schéma technologie Vehicle to Grid v elektrické distribuční síti, zdroj: autor

Využívání baterií vozidla pro vrácení energie by bylo možné pouze se souhlasem majitele vozu (s distribuční sítí komunikuje i samotné vozidlo, nikoli pouze dobíjecí stanice, tzn. že vozidlo samo může dovolit odběr z baterií zpět do sítě) za finanční odměnu. Zároveň ale dochází k snižování životnosti baterie z důvodu rychlejšího zvyšování dobíjecích cyklů a opotřebování baterie. Samotný princip vrácení energie zpět do sítě rozdělil majitele elektromobilů na pomyslné dvě poloviny – část majitelů by neměla za finanční odměnu problém s vrácením energie, druhá je zásadně proti i přes odměnu z důvodů opotřebení baterie či pocitu náhlé potřeby vozu, který by nemusel mít v době potřeby plně nabitou baterii [25][26][30][32][33].

Dalším úskalím mimo opotřebování baterie vozu je samotná efektivita vrácení energie z baterie vozu zpět do sítě. Prvním bodem, kdy klesá samotná efektivita je při transformaci elektrické energie je při nabíjení vozu, tedy při prvním přesunu ve směru z elektrické sítě (gridu) do vozidla. Druhé snížení efektivity

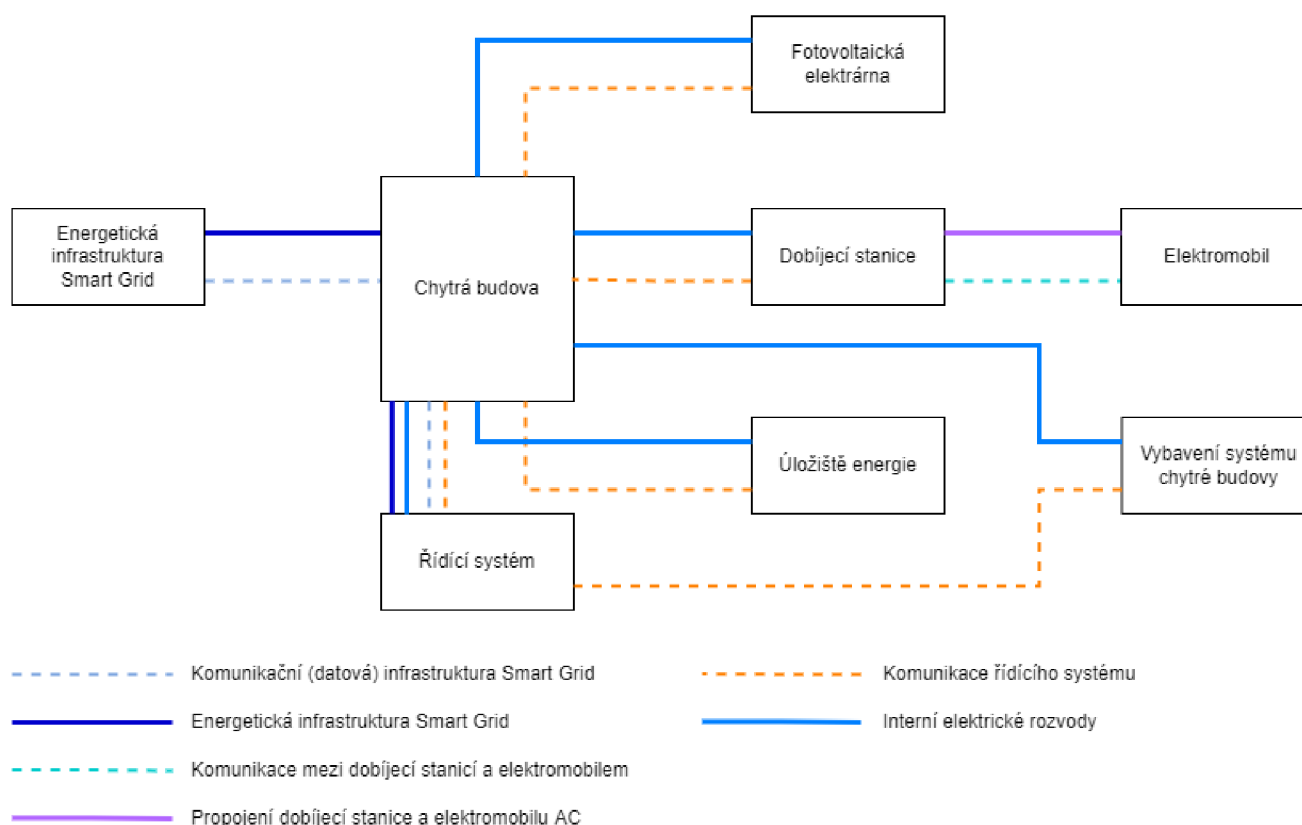
nastává v případě vrácení energie z baterie vozu do sítě. Zde se odhaduje efektivita mezi 60 % až 80 %. Poté musí dojít k opětovnému dobití vozu a lze očekávat opět stejný pokles efektivity jako při prvním nabití [1][4][7]. Efektivita se mimo jiné odvíjí také od stavu baterie a technologií použitých v elektrickém voze. Více vyzdvihovaná je varianta Vehicle to Home odvozená od Vehicle to Grid pro použití pouze v rámci jedné budovy (nejčastěji rodinné domy) [29][30][32][34][35].

3.3.3 Vehicle to Home

System či síť ve smyslu Vehicle to Home (zkráceně V2H) je velmi těsně spojena s významem Vehicle to Grid. Jedná se o obdobný způsob myšlení nad konceptem dodávání energie z bateriových článků elektrických vozidel zpět do elektrické sítě v případě potřeby. Došlo pouze k zmenšení oblasti elektrické sítě, do které by byla energie poskytována na elektrickou síť v rámci jedné budovy [32].

Hlavním přínosem konceptu Vehicle to Home je napojení na chytrou domácnost, ideálně v kombinaci s integrací domácí solární elektrárny. Obdobu Vehicle to Home představila v začátcích dnešní elektromobility společnost Nissan s modelem Nissan Leaf. K vozu bylo možné koupit jednotku, která byla schopna napájet domácnost z baterie elektromobilu – Nissan tuto technologii nazval Leaf-to-home [32][73].

Při pohledu na teoretický koncept za ideálních podmínek, kdy by docházelo k dobíjení elektrického vozu a baterií v domě solárními panely. V případě potřeby by bylo možné z vozidla napájet kompletně celou domácnost – průměrná spotřeba elektrické energie domácnosti se pohybuje mezi 10 až 30 kWh/den. Za teoreticky ideálních podmínek by mohla Škoda Enyaq s baterií o kapacitě 80 kWh napájet celou domácnost 2 až 6 dní. Bylo by tak možné pokrýt v případě potřeby i celý den se špatnými podmínkami pro výrobu energie pomocí solárních panelů [74][75][76][77]. Zjednodušené blokové schéma připojení technologie Vehicle to Home v rámci budovy k nahlédnutí na následující straně (*Obrázek 13*).



Obrázek 13 - Blokové schéma technologie Vehicle to Home (V2H), zdroj: autor

3.4 Řízení energetické části budov

Budovy v celosvětovém měřítku představují přibližně 40 % spotřeby energií, nutných pro zajištění jejich fungování. Z tohoto důvodu je zapotřebí hledat co nejefektivnější prostředky pro zajištění provozu se zachováním komfortního prostředí pro uživatele budovy – administrativní budovy, nemocnice, výrobní haly, domácnosti apod. [12]. Zachování komfortu při maximální míře efektivnosti a úspory energií je velkou jak technologickou, tak personální výzvou. V první řadě je nutné navrhnout technické prostředky pro zajištění vytápění, chlazení, větrání, osvětlení a stínění. Neméně důležitou součástí je zajištění potřebných dobrých návyků v personální sféře – zejména v případě korporátního prostředí. Jako poslední je vhodné zajistit monitorování využívání energií v budově, které správcům dopomáhá v regulaci energií se zachováním komfortu uživatelům. Právě díky systémům pro energetické řízení budovy – měření veličin (teplota, světelnost, vlhkost apod.), regulování, analyzování a optimalizace, podpoře soběstačnosti budovy (energetický

management) – je možné budovu označit za budovu chytrou, protože již nedochází k pasivnímu spotřebovávání energie, ale je s energií nakládáno efektivněji [68][69][70][71].

3.4.1 Chytrá budova

Pojem chytrá budova je rozvíjen a skloňován zejména v posledních desetiletích, především díky rozšíření IoT (zkratka pro Internet Věcí, z angl. Internet of Things) do oblasti řízení a managementu budov. Ne úplně korektní představou o chytré budově je velmi často vyzdvižovaná možnost ovládání určitých prvků budovy vzdáleně pomocí aplikace za využití nejrůznějších čidel, ovladačů a regulací či případně triviální automatizace na základě uživatelsky sestavených pravidel a podmínek (manuální nastavení bazálních pravidel „Když-Pak“, z angl. If-Then) bez další podpůrné logiky či programové inteligence [12][13][69][70][72].

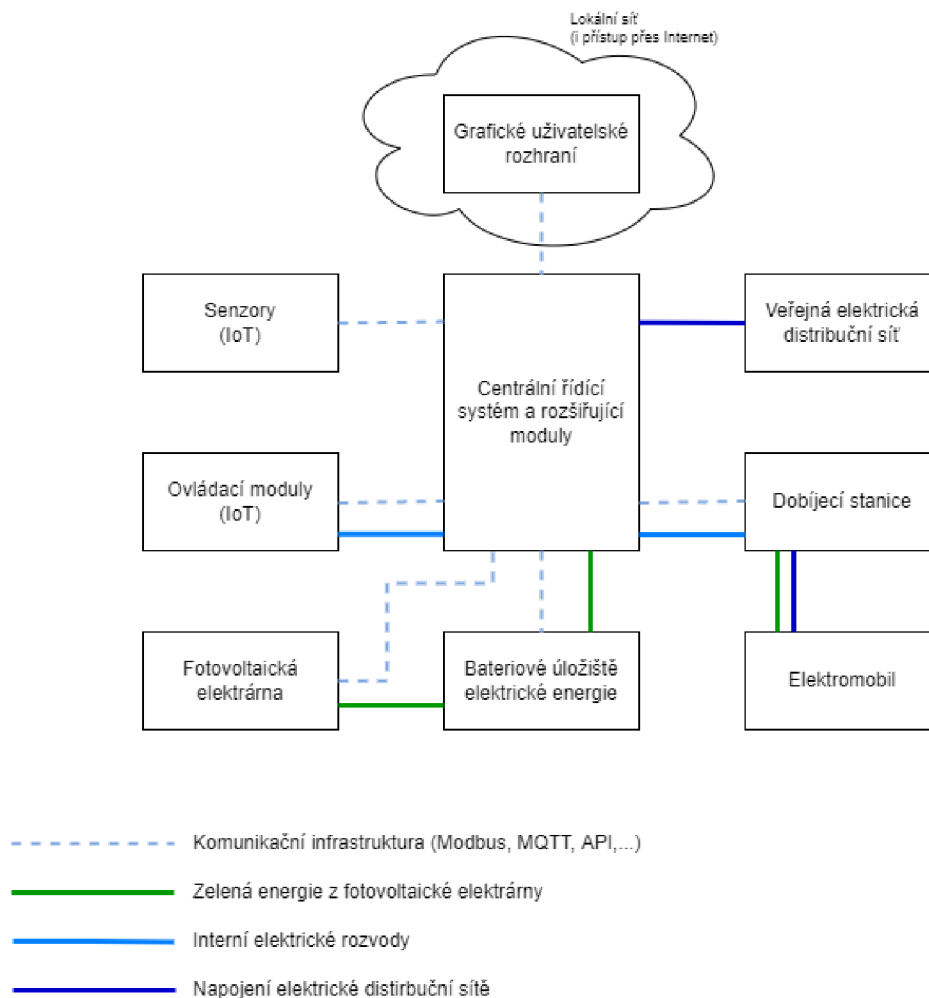
V případě jednoduchých pravidel, která pracují s podmínkami a sběrem dat z několika málo čidel je možné hovořit spíše o „chytré“ domácnosti či „chytré“ kanceláři, přičemž se jedná o automatizaci uživatelských návyků pro vyšší komfort – ne vždy nutně vede automatizace skutečně k zvýšení komfortu uživatele, ba naopak, často může být i zkomplikováním běžného návyku, který vede k zbytečnému obtěžování uživatele a z obyvatele se tak stává „otrok“ prostředí.

Pod pojmem chytrá budova si lze představit budovu, která neobtěžuje uživatele a člověku naopak slouží. Taková budova musí být šetrná ke svému okolí a měla by být šetrná v rámci možností i k životnímu prostředí. Energeticky by zároveň budova měla být co nejúspornější při zachování komfortu pro uživatele – budova se musí umět přizpůsobit uživateli, nikoli aby se uživatel přizpůsoboval budově. Zároveň by taková budova měla samostatně, automaticky, reagovat na vnitřní a vnější změny prostředí bez nutnosti zásahu uživatele a v případě potřeby by měl být její systém snadno konfigurovatelný dle aktuálních potřeb [69][70]. Díky tomu lze zajistit vyšší produktivitu uživatelů za pomoci zkvalitnění okolí a při tom snižovat nároky na energii. Lze tedy tvrdit, že v dnešní době je minimum budov opravdu chytrých, protože ve skutečnosti se jedná spíše o budovy (resp. kanceláře, domácnosti apod.)

částečně, anebo z větší míry, automatizované pro větší pohodlí na základě zkušenosti a aktuálních potřeb uživatelů [70][72].

Součástí chytré budovy jsou nejen čidla a periferie pro zajištění komfortu a možnosti automatické centrální regulace a automatizace, ale také systémy pro zajištění ať už částečné či plné soběstačnosti budovy. To se týká zejména elektrické energie, rozvodů tepla, cirkulace vzduchu a rozvodům pitné a užitkové vody. V měřítku větších budov – administrativní budovy, nemocnice, výrobní haly, bytové domy – se může jednat o napojení na zdroje obnovitelné energie (nejčastěji fotovoltaická elektrárna, lidově fotovoltaika), čističky vzduchu, rozvody tepla a klimatizace, až po čističky odpadní vody a recirkulaci jako vody užitkové. V případě rodinných domů se jedná spíše o realizaci alternativních zdrojů energie pomocí fotovoltaických elektráren či tepelných čerpadel a dlouhodobě udržitelných systémů solárního ohřevu užitkové vody a čističek odpadních vod včetně recirkulace [67][68][69].

V posledním desetiletí dochází zejména k rozvoji fotovoltaických elektráren a solárním systémům pro ohřev vody v rodinných domech. Většinou je pochopitelnou motivací větší nezávislost na zdražujících se elektrických energiích (zejména v roce 2022 v případě krize výroby a dodávání elektrické energie a plynu) [41][42][43][44], ale také díky rozvoji elektromobility jako stále více rozšiřujícího se běžného způsobu osobního transportu. Za zmínku stojí právě výhodnější nabíjení elektrických vozidel z domácí sítě s vlastní fotovoltaickou elektrárnou než z veřejné elektrické sítě. Právě díky propojení a automatickému reagování všech těchto systémů lze hovořit o opravdové chytré budově, které se dostávají více a více do povědomí široké veřejnosti. Zjednodušené blokové schéma znázorňující zapojení a komunikaci chytré budovy (rodinného domu) se nazývá na následující straně (*Obrázek 14*).



Obrázek 14 - Blokové schéma zapojení chytré budovy, zdroj: autor

3.4.2 Systémy pro řízení budovy

Z důvodů velkého technologického rozsahu a celkové komplexnosti prvků chytré budovy je žádoucí zapojit všechny tyto komponenty do jednoho centrálního systému, aby bylo možné sbírat veškerá potřebná data, analyzovat je a provádět potřebnou optimalizaci a automatickou regulaci komponent jako celku [12][13]. Systém pro řízení budovy je centrálním mozkiem celého objektu a bez něj by nebylo možné dosahovat chtěného chování budovy. Z velké části se jedná o softwarové řešení vyvíjené na míru dané budově, které je nadstavbou hardwarového řešení dodavatelů komponent – každá budova je jiná a v rámci komfortu má každý uživatel jiné cíle z tohoto důvodu je nutné řešení přizpůsobit na míru a je nevhodné „sáhnout do šuplíku a vyndat hotové univerzální řešení“. Takový zakázkový řídicí software je vyvíjen

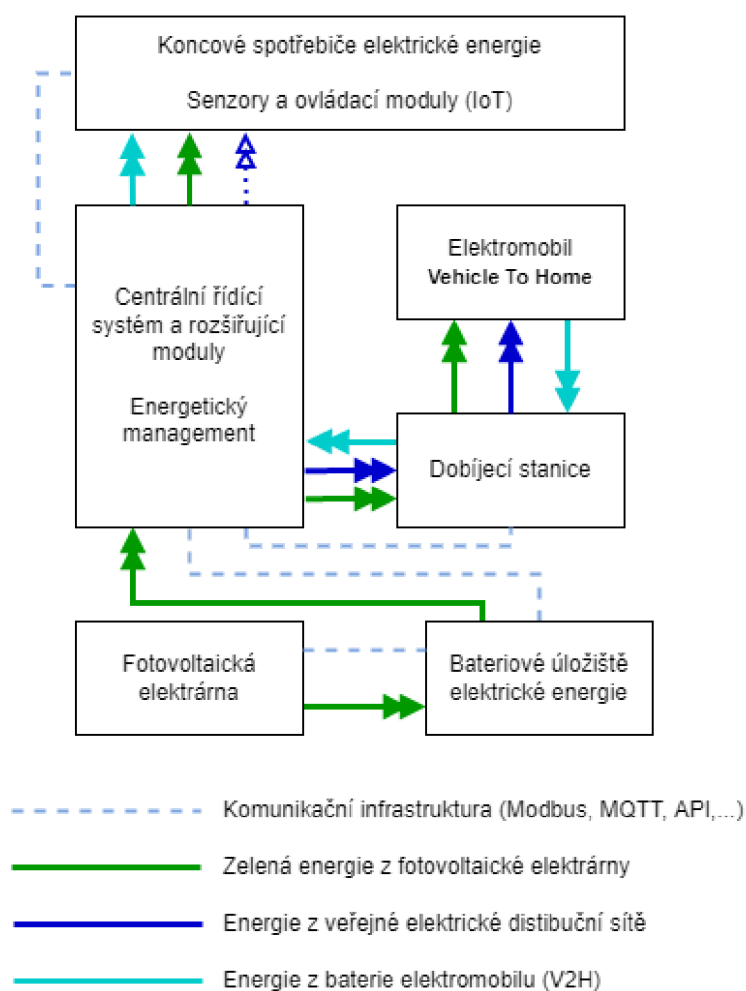
firmami, které se zabývají právě aplikacemi chytrých budov a těží ze svého know-how a spolupráce s hlavními producenty prvků chytrých budov. Z důvodů velké rozmanitosti výrobců je nutné ušítí systému na míru. Lze ale také narazit na „univerzální“ řešení právě od výrobců těchto systémů, které je, byť z jednoho pohledu univerzální, ale je zároveň tvořené na míru právě prvkům chytré budovy výrobce. Příkladem mohou být systémy Desigo a Synco společnosti Siemens či systémy společností Teco, ABB a Legrand [12][13][56]. Mimo velkých technologických společností, které se zabývají výrobou komponent pro elektrickou síť domácností a bytů, jsou v této oblasti také hráči specializující se pouze na systémy chytrého řízení budovy z hlediska programového vybavení a systémem řídicích jednotek. Příkladem takových firem mohou být systémy Loxone či Domoticz, OpenHAB, Home Assistant [36][38][57][58] a další.

3.4.3 Chytrá budova a Vehicle to Home

V posledních letech díky rozvoji prostředků elektromobility a její stále vyšší oblíbenosti širokou veřejností se stále více a více mluví o systémech Vehicle to Grid (zkráceně V2G) a Vehicle to Home (zkráceně V2H) - systém Vehicle to Grid a Vehicle to Home představen v předchozí kapitole. V případě chytré budovy a systému Vehicle to Home se zabýváme převážně v oblasti rodinných domů – v případě velkých budov se jedná spíše o obecnější Vehicle to Grid (vracení energie do veřejné elektrické sítě). Standardně je o elektromobilu v domácnosti smýšleno pouze jako o prvku v případě osobního transportu. Elektromobil je proto často pouhým spotřebičem energie, přestože by mohl být využíván v případě domácnosti daleko efektivněji. Systém Vehicle to Home je pomyslné otočení způsobu smýšlení o elektromobilu jako o spotřebiči elektrické energie na prvek, který energii dodává zpět do domácnosti [25][27][28][29].

Jak již bylo zmíněno dříve, systémem Vehicle to Home se snažila prorazit na trh společnost Nissan v případě elektromobilu Nissan Leaf a jednotky Leaf-to-Home [73]. V rámci chytré budovy se rozšiřuje význam elektromobilu jako velké baterie pro uchování energie – teoreticky by elektromobil nahradil klasické trakční

baterie používané pro uchování energie v případě využívání fotovoltaické elektrárny na dobu, kdy nebude možno elektrickou energii vyrábět (zhoršené podmínky při nepříznivém počasí a během noci). Díky tomu by domácnost mohla být mnohem více soběstačná a energeticky – při pohledu čistě na elektrickou energii – daleko více nezávislá na dodávce z veřejné elektrické sítě. Stále se jedná o technologie v ranné fázi vývoje z důvodu velké nákladnosti a nižší míry efektivity převodu energií – energie je konvertována vícekrát než v případě získávání z veřejné sítě a při každé konverzi dochází ke zbytečné ztrátě [31][32][34][35]. Schématické zapojení systému Vehicle to Home na zjednodušeném blokovém schématu níže (Obrázek 15).



Obrázek 15 - Blokové schéma technologie Vehicle to Home v rámci chytré budovy, zdroj: autor

Za předpokladu, že by byla vyvinuta technologie, která by dokázala energii transformovat bez velkých ztrát – dochází k částečně ztrátové transformaci mezi stejnosměrnou a střídavou elektrickou energií. Lze se domnívat, za předpokladu velké

kapacity baterií v elektrovozidlech (*pozn. autora – příkladem mohou být grafenové baterie [63][64][65][66], které momentálně poměrně úspěšně vyvíjí technologické firmy v Číně a Spojených státech a efektivní výroby elektrické energie pomocí fotovoltaických panelů (pozn. autora – výroba pomocí fotovoltaických panelů může být poměrně neefektivní. Reálná efektivita výroby energie se pohybuje do 20 %, teoretická efektivita je až k 35 % - maximum, které nelze z fyzikálních důvodů překlenout) [61][62], by bylo možné takové chytré budovy považovat kompletně energeticky soběstačné.*

4 Vlastní práce

Na základě rešerše odborných článků a zdrojů v teoretické části práce byla zpracována samotná praktická část této práce. Hodnoty použité ve vlastní práci pochází měření reálných systému. Naměřené hodnoty, získané poznatky z rešerše a vlastní praktické zkušenosti z bakalářské práce – *Implementace dobíjecích stanic pro prostředky e-mobility do síťové infrastruktury, Jakub Beneš, 2020/2021 ČZU v Praze* –, na kterou tato práce navazuje, byly využity pro průzkum a testy v praktické části. Společně s vlastními získanými zkušenostmi díky zaměstnání v oboru bylo zároveň pro zpracování vlastní práce využito konzultace s odborníky z praxe v rámci zaměření na IT a e-mobilitu.

Praktická část se bude zabývat problematikou omezení výkonu na dobíjecích stanicích, porovnáním systémů pro řízení budovy a automatizaci, možnostmi napojení těchto systémů a trendu využití zelené energie v rámci budovy. Dále bude na základě měření a sledování průměrné vlastní spotřeby elektrické energie budovy rozebrána možnost využití fotovoltaické elektrárny jako zdroje elektrické energie pro dobíjení elektromobilu a zajištění elektrické energie pro samotnou budovu. Praktická část práce se také bude zabývat možnostmi systému Vehicle to Home a finanční náročností na pořízení zmíněných systémů.

4.1 **Kontrolované dobíjení a způsob řízení**

S postupným rozvojem veřejných sítí pro dobíjení elektromobilů dochází k implementaci kontrolované nabíjení zejména pomocí interních mechanismů ve více konektorových dobíjecích stanicích v režimech Standalone (samostatná funkčnost) a Master-Slave (funkčnost s centrálním prvkem – Master – a jemu podřízeným prvkům – Slave). K nasazování externích mechanismů řízení dobíjení dochází spíše v menších samostatných projektech s větším počtem dobíjecích míst a specifických případech. Z hlediska veřejných dobíjecích míst je finančně i technicky jednodušší nasazení řízení dobíjení právě za pomoci interních mechanismů.

4.1.1 **Řízení dobíjení**

Řízení dobíjení bylo pozorováno u pomalých (běžných) dobíjecích stanic s režimem střídavého dobíjení AC pomocí jedné až třech fází do 22 kW a u rychle dobíjecích stanic s technologií stejnosměrného dobíjení DC o vysokém výkonu do 150 kW.

V případě řízení dobíjení na veřejných místech, které jsou ve většině případů realizovány v základním režimu bez dalších externích mechanismů bylo zjištěno nejčastější použití pevně omezeného výkonu jednoho konektoru v případě pomalých dobíjecích stanic. Většina rychlodobíjecích stanic měla v době testování nastaven mechanismus řízení Fair Share. Pouze menší část těchto stanic byla konfigurována na použití režimu First Come First Served – bylo tomu zejména na velmi frekventovaných místech, kde se předpokládá co možná nejkratší nabíjecí doba za předpokladu vysokého výkonu nabíjení. Tuto konfiguraci lze nejčastěji nalézt na dobíjecích stanicích kolem dálnic a silnic pro motorová vozidla, zejména na parkovištích čerpacích stanic (zkoumané dobíjecí stanice jsou provozovány společností Pražská energetika, a.s. na čerpacích stanicích Benzina, EuroOil a OMV).

V případě menších samostatných projektů v rámci neveřejného dobíjení, zejména v soukromých prostorech – nejvíce v podzemních garážích a vznikajících novostavbách do správy SVJ (zkratka pro Společenství vlastníků jednotek) – byly při nasazení dobíjecích stanic do provozu použity interní mechanismy Master-Slave strategie řízení s pevným či proměnlivým (řízeným) omezením nabíjecího výkonu jednotlivých konektorů. Zároveň bylo zjištěno, že v těchto projektech není ve vznikajících novostavbách developery počítáno s využitím alespoň části obnovitelných zdrojů energií na dobíjení. Stejně tak nebylo uvažováno s možností integrace technologií Vehicle to Grid nebo Vehicle to Home v případě většího odběru elektrické energie pro potřeby budovy nebo veřejné elektrické sítě.

Pro individuální projekty v rámci rodinných domů již byly zvažovány pokročilejší dohledové technologie a technologie řízení dobíjení při určitém odběru elektrické energie. V rámci možností dobíjení elektrických vozidel v domácnostech také bylo uvažováno s dobíjecími stanicemi umožňující obousměrný tok elektrické energie, tzv. obousměrné dobíjecí stanice (z angl. Bi-Directional EV charger).

4.1.2 Efektivita řízeného dobíjení

Efektivitu řízeného výkonu dobíjení lze porovnávat v případě rychle dobíjecích stanic zejména ze dvou pohledů – řízení pomocí mechanismu Fair Share a strategie First Come First Served popsaných v teoretické části práce. U běžných pomalých dobíjecích stanic bylo zjištěno zejména pevné omezení výkonu jednotlivých konektorů dobíjecí stanice při omezeném celkovém výkonu dobíjecí stanice.

Pomalé dobíjecí stanice byly ve většině případů dimenzované tak, aby zvládly na plný výkon obsloužit všechna připojená vozidla – z pravidla jedno až dvě elektrická vozidla. To odpovídá maximálnímu výkonu 22 kW při 32 A při úvaze jedno konektorových dobíjecích stanic a výkonu 2x22 kW, tedy 44 kW při celkových 63 A u dvou konektorových dobíjecích stanic při využití maximálního potenciálu dobíjecí stanice a konektoru za využití dobíjení na třech fázích. Zároveň bylo možné se také setkat s omezením na celkových 22 kW při 32 A na dobíjecích

stanicích se dvěma konektory v případě tzv. slabého přívodu elektrické energie k dobíjecí stanici – v tomto případě byl výkon jednoho konektoru omezen na maximální výkon 11 kW a nedocházelo tak k využití maximálního možného potenciálu při připojení pouze jednoho vozidla ke stanici.

Takovéto řízení výkonu lze označit za „primitivní“, protože je zbytečně nevyužita efektivnost stanice pro rychlejší dobítí vozidla podporující dobíjení 22 kW při 32 A. Tento způsob řízení nelze doporučit, protože existují vhodnější mechanismy řízení jako je omezení výkonu za předpokladu připojení až dalšího vozidla. Lze také očekávat menší využití takto nastavené dobíjecí stanice z důvodu požadavky na zejména co nejvyšší úroveň dobítí elektrického vozidla za co možná nejkratší dobu ze strany uživatelů vozidla. V případě tohoto omezení byla doba do plného nabití vozidla o zhruba 1/3 celkového času delší.

O poznání lepšího pozorování docházelo v případě výkonných rychle dobíjecích stanic, které využívají, byť základní vnitřně integrované mechanismy řízení dobíjení mezi konektory, ale i přesto jsou strategie v mnohých případech efektivnější.

Z pozorování provozu dobíjecích stanic s maximálním možným výkonem od 75 kW do 300 kW (resp. 2x 150 kW) bylo možné vyhodnotit vhodnost zejména pomyslnou kombinaci řízení dobíjení strategií, která využívala zároveň jak mechanismy férového sdílení výkonu mezi připojená vozidla, tak vyřazení dalších konektorů z provozu při zahájení dobíjení elektromobilu.

Bylo potvrzeno nasazení řídicích mechanismů First Come First Served, kdy po připojení vozidla ke stanicím se stejnosměrným dobíjením DC s maximálním výkonem do 150 kW došlo k deaktivaci zbylých DC konektorů a tím i znemožnění dobíjení ostatních vozidel pomocí DC technologie. Jak již bylo zmíněno, tato strategie byla zejména pozorována na dobíjecích stanicích s rozmístěním za pozitivního předpokladu co nejkratší strávené doby dobíjením – zejména mimo nákupní centra a nákupní zóny a mimo místa se službami pohostinství (restaurace, rychlá občerstvení, hotely apod.). Ve většině případů takto omezené dobíjecí stanice

zároveň obsahovaly možnost nabíjení pomocí pomalejší AC technologie na dalším konektoru v případě nutnosti dobíjení dvou vozidel. Za předpokladu pozdějšího příjezdu druhého vozidla k dobíjecí stanici lze předpokládat možnost využití pomalejšího dobíjení po dobu dobíjení prvního vozidla, než dojde k uvolnění konektoru pro rychlé dobíjení.

Při využití strategie dobíjení prvního vozidla plným výkonem bylo možné pozorovat zbytečné nevyužití plného potenciálu dobíjecí stanice v případě využití nižšího výkonu stejnosměrného dobíjení než 150 kW, resp. méně než 75 kW. Toto chování bylo možné zejména pozorovat při dobíjení pomocí konektoru CHAdeMO (označení konektoru pro dobíjení, zkratka CHArge de MOve), který měl omezen maximální dobíjecí výkon k 50 kW. V případě méně výkonných stanic pod 150 kW docházelo k blokaci ostatních konektorů (z pravidla CCS2 – zkratka pro dobíjecí konektor, z angl. Combined Charging System). Přestože stanice byla nejméně zhruba 25 kW pod svým maximálním výkonem, nebylo umožněno nabíjení dalšího vozidla pomocí CCS2 alespoň takovýmto sníženým výkonem. Pokud při dobíjení docházelo k poklesu výkonu – pokles i k dobíjecímu výkonu kolem 5 kW při dokončování dobíjení –, stále nebyl konektor CCS2 uvolněn pro dobíjení, přestože mohl dosahovat teoreticky výkonu 60+ kW.

Obdobného chování bylo možné pozorovat na dobíjecích stanicích o více modulech s výkonem vyšším než 75 kW, tedy 150 až 300 kW. Za předpokladu využití strategie „Kdo dřív přijde, ten dřív mele“ opět došlo k blokaci dalších konektorů v případě některých stanic (výjimečně) o výkonu 150 kW i přes úvodní nabíjení pouhou třetinou celkového výkonu. Blokace konektoru byla také potvrzena při dobíjení na konektoru CCS2 při využití plného potenciálu nabíjení k hranici 150 kW za zapojení více vnitřních modulů dobíjecí stanice (2 x 75 kW). V případě, že nabíjecí byl postupem dobíjení snížen dobíjecí výkon pod hranici jednoho modulu (75 kW) zůstal druhý konektor i tak deaktivovaný a nebylo umožněno dobíjení druhému vozidlu pomocí DC technologie.

Oproti tomu bylo možné pozorovat přesně opačné chování při využití strategie Fair Share neboli férového dělení výkonu. Při dobíjení na konektoru

CHAdeMO s omezeným výkonem do 50 kW bylo vždy umožněno dobíjet dalšímu vozidlu při využití dobíjecích stanic s více vnitřními moduly i při omezení celkového výkonu dobíjecí stanice na 75 kW. Pokud bylo tedy zapojeno první vozidlo a dobíjeno pomocí výkonu 50 kW, mohlo být zahájeno i dobíjení druhého vozidla s omezeným výkonem do 25 kW.

Pokud se jednalo o stanici s minimální vnitřní konfigurací 2 x 75 kW bylo umožněno prvnímu vozidlu dobíječícímu se pomocí konektoru CCS2 využít maximální výkon do 150 kW. Při zapojení dalšího vozidla byl dodržen celkový maximální výkon stanice 150 kW a výkon byl spravedlivě rozdělen mezi obě dobíjená vozidla s limitem 75 kW na jeden konektor.

Obecně došlo ke zjištění, že strategie férového sídlení maximálního výkonu dobíjecí stanice mezi konektory byla použita na místech s očekávanou delší dobou strávenou u dobíjecí stanice a zároveň na místech s menším počtem dobíjecích stanic a dobíjecích míst za účelem obslužení více vozidel v celkově kratším čase. Strategie prioritního obslužení prvního připojeného vozidla byla shledána vhodnou na velmi frekventovaných místech s krátkým dobíjecím časem a na místech s více přípojnými místy pro dobíjení.

4.2 Dobíjení a systém Vehicle to Home

Velkou popularitu ve společnosti se těší zejména pořizování elektromobilů jako druhého vozidla do města k většímu rodinnému vozu v příměstských zástavbách rodinných domů. Je tomu zejména díky relativně nižším nákladům na údržbu a provozu malého elektrického vozidla do města. Malá vozidla typu VW eUP, Renault Zoe, BMW i3 a podobné si stále snadněji nalézají cestu jako doplněk pro rodinu s velkými benzínovými a dieselovými vozidly typu kombi a SUV.

Zároveň je možné pozorovat trend zvýšeného zájmu i o větší elektrická vozidla typu Škoda Enyaq, Volvo XC40, Tesla a další (zohledněny modely dostupné v Q1/2023). Díky většímu zájmu veřejnosti právě o elektromobily je také větší zájem o domácí dobíjení, které je levnější než veřejné dobíjení díky speciálním tarifům

(C27d a D27d [53]) cen elektřiny pro podporu e-mobility. Povědomí o možnosti nasazení či přípravě na systém Vehicle to Home je ale mezi uživateli relativně stále malé.

4.2.1 Chytrá domácnost a Vehicle to Home

Většina majitelů elektromobilů pořídila menší elektromobil doplňující aktuální vozový park anebo také vyměnila vozidla s pohonem na fosilní paliva za čistě elektrická vozidla. Zejména díky možnosti dobíjení na vlastním pozemku budovy je zajímavé napojení elektromobilu na systém chytré domácnosti a řízení budovy včetně přípravy na možnost využití systému Vehicle to Home se stávajícím elektromobilem anebo v budoucnosti.

Díky většímu zájmu právě o chytrou domácnost a o elektromobilitu je nyní trendem tyto dvě věci v rámci budovy spojovat pomocí podpůrných systémů pro budovy a domácnosti Loxone, Domoticz. Při výběru domácího systému je vhodné zjistit, jestli vybraný systém podporuje napojení dobíjecích stanic a systému fotovoltaické elektrárny nebo je podpora těchto systémů naplánována do budoucna, aby bylo lepší možné se na integraci chytré domácnosti a Vehicle to Home technologicky připravit. Výše uvedené systémy Loxone a Domoticz umožňují integraci dobíjecích stanic a budou nás provázet i v dalších částech.

4.2.2 Obousměrné dobíjecí stanice

Standardní dobíjecí stanice, které jsou nejvíce rozšířeny na trhu s produkty pro dobíjení elektromobilů, umožňují nabíjení, resp. tok energie pouze směrem do připojeného elektrického vozidla. Na takové stanice lze běžně narazit v rámci běžného dobíjení na veřejnosti – dobíjecí stanice na trafostanicích, v nákupních centrech, na parkovištích a případně v bytových domech. Tyto stanice umožňují pouze jednoduché nabíjení a není je možné využít v rámci zapojení do systémů Vehicle to Grid nebo Vehicle to Home, kdy je energie vozidla vracena zpět do elektrické sítě poskytovatele (např. ČEZ a.s., Pražská energetika a.s. apod.)

v rámci veřejné distribuční sítě nebo lokální elektrické sítě – i oddělené od distribuční – v rámci jediné budovy.

Pro účely možnosti využití technologie zpětného vracení energie do elektrické sítě jsou potřeba takzvané obousměrné (z angl. bi-directional) dobíjecí stanice, které umožňují elektrickému vozidlu, které tuto technologii podporuje, poskytovat energii zpět do elektrické sítě. Z toho vyplývá, že pro možnost využití zpětného vracení energie zpět do sítě je zapotřebí splnit dvě podmínky – vlastnit dobíjecí stanici, která umožňuje obousměrný tok elektrické energie a disponovat elektrickým vozidlem takovým, které podporuje technologii Vehicle to Home (V2H).

Obousměrné dobíjecí stanice musí obsahovat součást zvanou inverter. Invertor slouží k převodu stejnosměrné energie, která je uložena v baterii elektromobilu, na střídavou energii, která je běžně v elektrické síti pro provoz všech spotřebičů zapojených do elektrické sítě 230/400 V (např. audio/video spotřebiče, kuchyňské spotřebiče a další). Při využití přesnější terminologie se jedná o DC/AC invertor, tedy převod ze stejnosměrné (DC) složky na složku střídavou (AC).

Běžné dobíjecí stanice nepotřebují inverter, protože do vozidla je dodáván střídavý proud a vozidlo jej pomocí AC/DC invertoru převádí či konvertuje a ukládá do baterie ve stejnosměrné formě pro následné užití. Elektromobily mimo jiné obsahují také DC/AC převodník, protože elektromotory využívají střídavou energii. Interní DC/AC invertor v elektromobilu ale nelze ve většině případů využít pro přímé zapojení vozidla do systému Vehicle to Home, protože jsou dimenzované a konstruované pouze pro vnitřní využití ve vozidle. Avšak existují i výjimky, například elektromobil Ford F-150 Lightning, který má zabudovaný DC/AC invertor pro přímý výstup energie z baterie vozidla do integrovaných zásuvek v rámci výbavy vozidla s výstupem 120 až 240 V [60].

Z důvodu složitějšího interního hardwarového vybavení obousměrných dobíjecích stanic jsou stanice i několikanásobně dražší než běžné modely dobíjecích stanic bez podpory Vehicle to Home.

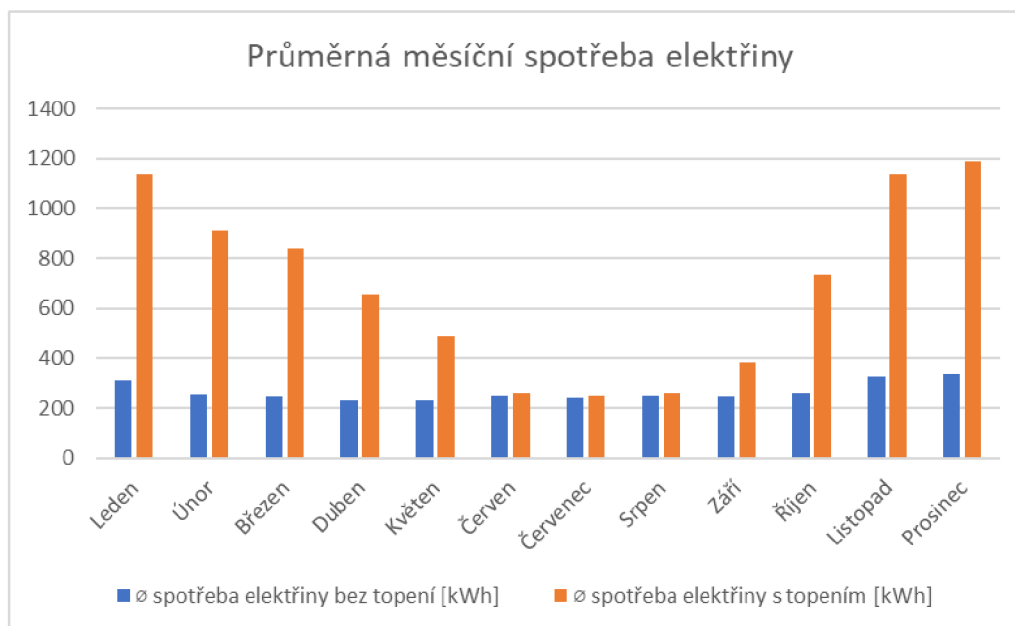
4.2.3 Využití elektromobilu jako baterie

V rámci systémů Vehicle to Home a Vehicle to Grid mluvíme o elektromobilu mimo jiné i jako o zdroji elektrické energie, přesněji, záložním zdroji elektrické energie. Elektromobil tedy lze s trochou nadsázky chápat jako powerbanku, a ne jako pouhý spotřebič a budovu můžeme chápat jako domácnost na baterii.

Průměrná spotřeba domácnosti

Pro uvažování o možnosti využití elektromobilu jako záložní baterie pro budovu či domácnost je důležité zohlednit samotnou spotřebu elektrické energie pro danou lokaci. Každá budova má jinou průměrnou spotřebu za období jednoho roku, stejně tak jako v rámci změny ročních období se spotřeba velmi liší. Z tohoto důvodu je nejen vhodné, ale především důležité provést analýzu spotřeby elektrické energie pro vybranou budovu za účelem zjištění, jestli je uvažování o napájení z elektromobilu vhodné.

Budovy s vyšší průměrnou až nadprůměrnou spotřebou, tak jako budovy s vysokou spotřebou elektrické energie nejsou velmi vhodné pro využití této možnosti záložního zdroje elektrické energie. Jednak by mohlo docházet k nadměrnému čerpání energie z baterie vozidla a následkem by mohlo dojít k vyššímu snížení životnosti baterie vozu z důvodu nadměrného využívání a generování cyklů nabíjení – vybíjení. Na grafu na následující straně je vyobrazena průměrná spotřeba domácnosti napříč obdobími jednoho roku. Na grafu na následující straně je vyobrazena naměřená průměrná měsíční spotřeba elektřiny běžného rodinného domu s využitím elektrické energie na topení a bez topení (*Obrázek 16*).



Obrázek 16 - Graf průměrné měsíční spotřeby elektřiny rodinného domu v ČR, zdroj: autor

Dle měření má průměrná budova roční spotřebu mezi 3 až 7 MWh elektrické energie v závislosti na vybavení a využití elektrické energie v budově. Nižší hranice zohledňuje běžnou vlastní spotřebu včetně spotřeby energie k ohřevu vody pro běžné použití (kuchyň a koupelna). Vyšší hranice 7 MWh již zahrnuje průměrné náklady na energii při úvaze využívání elektrické energie k vytápění budovy po celý rok, zejména v chladnějších obdobích od podzimu do jara.

Zejména budovy s nižší spotřebou elektrické energie – budovy pro rekreaci, které nejsou celoročně využívány k bydlení a energeticky úsporné či soběstačné budovy se jeví jako velmi vhodné pro podporu spotřeby elektrické energie s využitím baterie elektromobilu. Zatímco v případě běžné domácnosti s průměrnou roční spotřebou 10 až 30 kWh za den není úplně vhodné nasazení technologie Vehicle to Home a elektromobilu jako záložní baterie.

Stejně jako každá budova má jinou roční spotřebu, každý elektromobil má jinou kapacitu baterie a je zapotřebí brát tyto skutečnosti v úvahu. Při úvaze o průměrné spotřebě rodinného domu v rozmezí 10 až 30 kWh za den a přihlédnutí k širokému portfoliu elektromobilů (nezahrnuje větší vozidla do 3,5 tuny typu dodávek

a vozidla nad 3,5 tuny a) s bateriemi v rozmezí od necelých dvou desítek kWh až po vyšší desítky kWh v závislosti na typu lze hovořit o mezi 20 až 100 kWh.

Z těchto hodnot lze usuzovat, že při naivní úvaze lze hovořit o možnosti napájení rodinného domu od několika hodin až po několik málo dní v závislosti na spotřebě domu, kapacity baterie a požadovanému zachování určitého procenta kapacity baterie pro udržení provozuschopnosti elektromobilu jako takového (např. dostatečná kapacita baterie za účelem dojetí pro potraviny, ujetí vzdálenosti do nejbližší nemocnice či k doktorovi a zpět).

Zároveň je také nutné brát v úvahu zvýšenou možnost opotřebení baterie ve vozidle zvyšováním cyklu vybíjení a nabíjení při využívání vozidla jako záložního zdroje, přičemž průměrné opotřebení baterie má za následek ztráty až v průměru 15-20 % kapacity baterie za každých 5 let provozu. Z tohoto důvodu není vhodné využívat kombinaci systémů Vehicle to Home, resp. Vehicle to Grid (či Vehicle to Anything – V2A/V2X) a starších elektrických vozidel, které již mají výrazněji opotřebovanou baterii – lze pozorovat zejména na nižším dojezdu, rychlejším vybíjení v zimním období a podobně.

4.2.4 Kompatibilita systému Vehicle to Home

V oblasti elektromobility jsou systémy Vehicle to Home – zejména v rámci samostatných budov a domácností – a Vehicle to Grid ve veřejných distribučních sítích velkým tématem a podpora ze strany výrobců vozidel s elektrickým pohonem stále roste. Přestože ještě před několika málo lety byl hlavním průkopníkem Nissan se svým elektromobilem Nissan Leaf a samostatným DC/AC invertorem, dnes je portfolio elektromobilů podporující systém Vehicle to Home (V2H), Vehicle to Grid (V2G) a případně Vehicle to All (V2A) značně širší.

Dle průzkumu na evropském trhu lze hovořit zejména o velkých výrobcích z východní části Asie. Jedná se především o velké asijské značky jako Nissan, Mitsubishi, Honda, Kia a Hyundai. Mimo tyto značky automobilů, představilo podporu technologie Vehicle to Home také mnichovské BMW či americký Ford –

zejména se svým modelem Ford F-150 Lightning, který je jak ve své třídě, tak ve světě elektromobility celkem výjimečným.

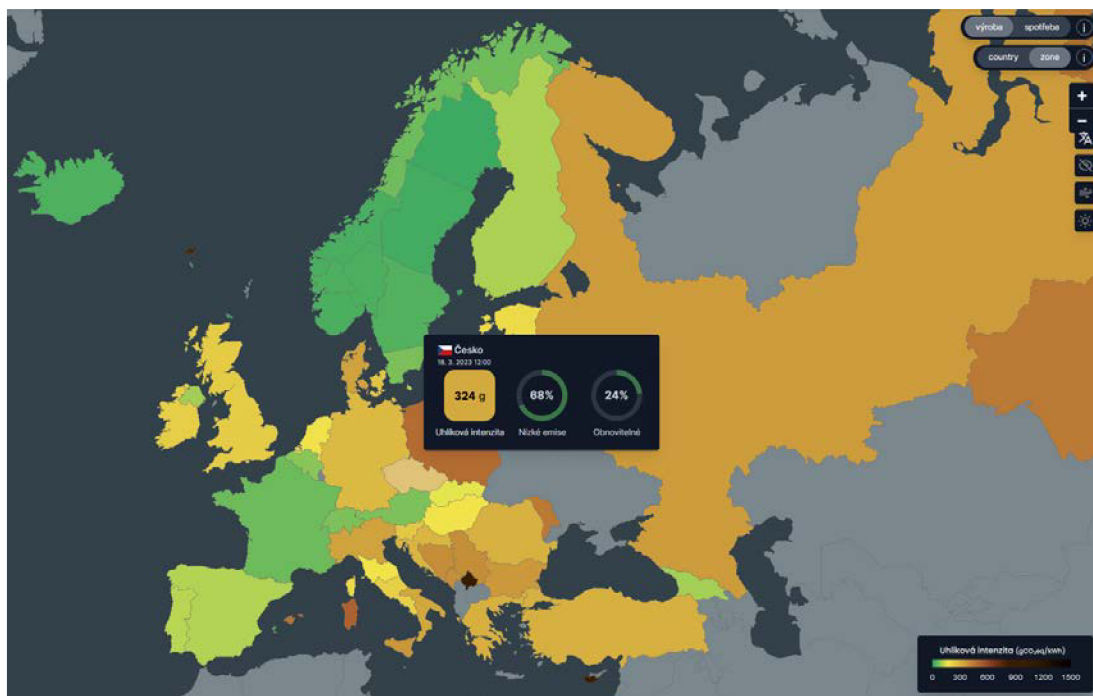
Z důvodu menší rozšířenosti technologie mezi výrobci vozidel (větší část modelů elektromobilů zmíněných značek s podporou Vehicle to Anything – V2X nebo také Vehicle to All – byla představena celkem nedávno) vyplynulo v rámci České republiky spíše zdrženlivé postavení k nasazení Vehicle to Grid v rámci veřejné dobíjecí sítě. Zdrženlivé postavení bylo také pozorováno u majitelů elektromobilů, kteří tento systém (V2G) hodnotili jako zajímavou možnost, ale neměli by v budoucnu moc velký zájem být zapojení do této strategie z důvodu obavy o snižování životnosti baterie zvyšováním cyklů vybíjením a nabíjením. Při diskusi s odborníky vyplynulo, že větší část majitelů, která by se do systému vracení energie do veřejné distribuční sítě zapojila, by očekávala buď výhodnější sazbu za kWh při dobíjení anebo by očekávala větší finanční odměnu za dodané kWh zpět do sítě.

Na druhou stranu většina majitelů elektrických vozidel shledala „privátní“ variantu Vehicle to Home v rámci budovy jako velmi zajímavou z hlediska možnosti nabíjení vozidla zelenou energií z fotovoltaické elektrárny a využití elektromobilu jako záložního zdroje pro budovu, ve které bydlí v případě výpadku dodávky elektrické energie nebo nedostačujícího výkonu fotovoltaické elektrárny za zhoršených podmínek pro výrobu zelené energie.

4.2.5 Využití zelené energie pro dobíjení

Elektromobilita vznikla zejména jako prostředek pro podporu životního prostředí za účelem snížení emisí CO₂ a využití udržitelnějších obnovitelných zdrojů energie. Cílem elektromobility by tedy dle původních plánů mělo být nahradit běžné automobily na fosilní paliva za účelem zejména snížení zmiňovaných emisí CO₂. Pokud se ale podíváme na mapu emisí emitovaných při výrobě elektřiny open-source projektu Electricity Maps (*Electricity Maps | Live 24/7 CO₂ emissions of electricity consumption dostupné na webu [59]*) je možné pozorovat, že v některých zemích není prozatím s aktuálním stavem výroby elektřiny označovat elektromobilitu jako bezemisní. Dalo by se říci, že výfuk běžného vozidla se spalovacím motorem

se přesunul z vozidla do komína elektrárny. Na snímku níže (Obrázek 17) je vyobrazena mapa znázorňující zatížení CO₂ při výrobě elektřiny v dané zemi – aktuální data se mění v závislosti na výrobě a aktuálních klimatických podmínkách.



Obrázek 17 - Snímek mapy zobrazující stav emisí CO₂ při výrobě elektrické energie v Evropě, zdroj: Electricity Maps [59]

Z důvodu zájmu o zkvalitnění ovzduší ve vybraných oblastech a snížení nákladů na dobíjení elektromobilů se jejich majitelé snaží o využívání nabíjení z takzvané zelené energie neboli energie získávané z obnovitelných zdrojů. V rámci budov pak nejčastěji hovoříme o využívání solární energie a výroby elektrické energie za pomoci fotovoltaických panelů umístěných na střechách budov.

Díky využití fotovoltaické energie lze, zejména v letním období, podpořit dobíjení elektromobilu a provoz budovy ať už s využitím technologie Vehicle to Home či nikoli za použití skutečné zelené energie. Uvažováno je zejména dobíjení elektromobilu při dostatečném výkonu fotovoltaické elektrárny a relativně nízké spotřeby domu, aby nebyla energie dotována z distribuční sítě a dobíjení mohlo bez přerušení probíhat zejména přes víkend, kde vozidlo je jinak denně využíváno ve všedních dnech například na cesty do zaměstnání a není možné během denních podmínek pro výrobu energie pomocí fotovoltaiky nabít vozidlo.

Výsledkem je tedy podpora dobíjení vozidla zelenou energií zejména v letních měsících, kdy jsou podmínky pro výrobu nejpříznivější a výroba energie je nejefektivnější pro pokrytí jak provozu budovy či domácnosti a možnosti dobítí vozidla. V zimních měsících uvažujeme pouze podporu chodu budovy a domácnosti, tedy část uspořené financí za provoz domácnosti je převedena do nákladů na dobítí vozidla z veřejné elektrické distribuční sítě.

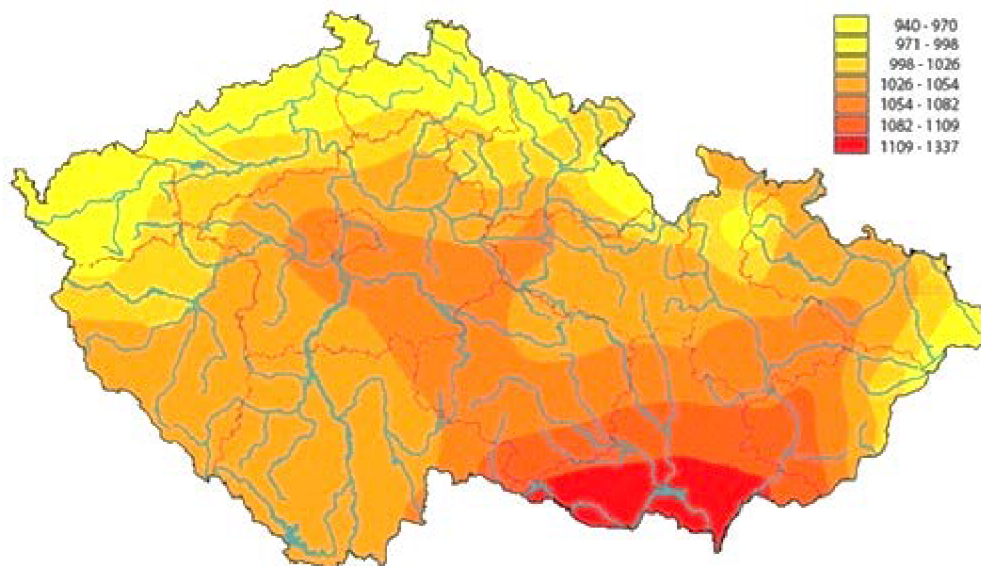
Nasazení fotovoltaické elektrárny pro rodinné domy je také zároveň podporováno dotačním programem Nová zelená úsporám (*informace dostupné na webu Nová zelená úsporám [40]*), kde je zohledňováno i pořízení dobíjecí stanice pro elektromobil poměrnou částkou pokrývající investici do pořízení domácí dobíjecí stanice za účelem podpory využívání zelené energie pro elektromobilitu.

Výkonnost a efektivita domácí fotovoltaické elektrárny

Vyšší ceny energií mají za následek zvýšení náklonosti veřejnosti s pořízením vlastní fotovoltaické elektrárny pro snížení závislosti na veřejné distribuční síti elektrické energie a snížením nákladům na samotnou energii. Díky tomu je možné lépe podporovat dobíjení elektromobilů zelenou energií v domácích podmínkách s nižšími náklady než na veřejných dobíjecích stanicích.

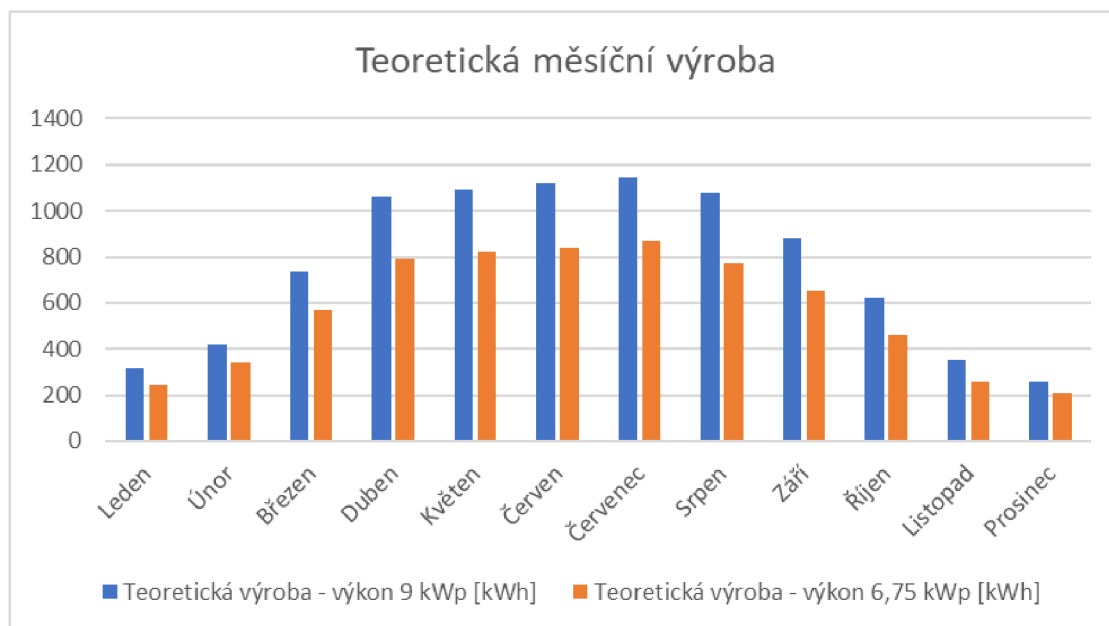
Při použití fotovoltaických panelů o různých výkonostech (jednotka Watt-Peak neboli jednotka pro měření nominální výkon fotovoltaického panelu, zkráceně Wp) a rozdílné celkové užité plochy v závislosti na velikosti střechy je výkon a celková efektivita výroby elektrické energie značně ovlivněna. Vedlejším, ale důležitým vlivem na výrobu elektrické energie je také orientace samotné střechy (sever-jih-západ-východ) a lokality budovy. V chladnějších oblastech lze očekávat dřívější snížení celkového výrobního výkonu při přechodu na chladnější roční období, než v teplejších oblastech (např. v rámci Středočeského kraje nastává poměrně často chladnější období v oblasti České Sibiře o něco dříve než v oblasti Mníšku pod Brdy), kde může dojít k prodloužení vyšší výkonnosti v rámci přechodu ročního období i o několik týdnů. Stejně tak lze očekávat větší výrobní

výkon na jižní Moravě oproti nižšímu možnému výkonu v Krušných horách právě díky průměru celoročního oslunění dané oblasti. Na obrázku níže (*Obrázek 18*) je znázorněna mapa České republiky s průměrnou naměřenou intenzitou osvětlení (Watt/m²) během roku.



Obrázek 18 - Schématická mapa osvětlení České republiky (hodnota ve Watt na m²), zdroj: i4wifi.cz [78]

V závislosti na nejběžnějších instalacích fotovoltaických elektráren byla pozorována, v rámci Prahy a Středočeského kraje, skutečná výroba elektrické energie v rozmezí 9 až 11 MWh během délky jednoho kalendářního roku a využití plochy fotovoltaických panelů 50 m² a celkovém výkonu elektrárny 10 kWp. Taková zmíněná solární elektrárna je schopna průměrně za celý rok při ideálních podmínkách pokrýt spotřebu elektrické energie rodinného domu v rozsahu 150 až 300 %. Průměrná teoretická měsíční výroba v závislosti na intenzitě osvětlení je vyobrazena na grafu níže (*Obrázek 19*) při úvaze průměrných fotovoltaických elektráren s výkonem 9 kWp a 6,75 kWp.



Obrázek 19 - Graf teoretické měsíční výroby zelené energie za ideálních podmínek, zdroj: autor

Menší elektrárna využívaná na menších budovách o ploše kolem 30 až 35 m² (celkový výkon k 7 kWp) pak za rok dokáže při ideálních podmínkách vyrobit přibližně až 7 MWh. To postačuje na pokrytí roční spotřeby budovy v rozmezí 90 až 200 % v závislosti na úrovni vlastní spotřeby.

Z toho vyplývá, že při pohledu na možnosti využití zelené energie jako hlavního zdroje elektrické energie pro budovu a současné možnosti podpory dobíjení elektromobilu mimo veřejné stanice je zapotřebí uvažovat o nejen celkové vlastní spotřebě budovy během roku, ale také o velikosti střechy pro možnou instalaci fotovoltaické elektrárny a zejména o lokalitě, kde budova stojí a jaké jsou v oblasti během roku podmínky k efektivnímu využití solárních panelů pro výrobu elektrické energie.

4.3 Systém pro řízení budovy a Vehicle to Home

Systém pro řízení budovy a chytré domácnosti je centrálním mozkiem celého objektu a pro správnou funkčnost, jakou uživatel očekává je důležitý již prvotní krok při výběru tohoto systému v závislosti na použité hardwarové a softwarové výbavě. V této práci se soustředíme na dva systémy, které se těší velké popularitě díky svým možnostem integrace nespočtu typů zařízení a jednoduchému ovládní pomocí grafických aplikací.

Konkrétně se jedná o již dříve zmíněné systémy Loxone a Domoticz. Poměrně velkému příznivému ohlasu se dostává systému Domoticz, který není vázán na jakýkoli hardware, protože se jedná o čistě aplikační výbavu chytrého řízení budovy a domácnosti a je možné tento systém kombinovat s jakýmkoli chytřejším zařízením. Obdobou pro uvedené systémy jsou další systémy pro automatizaci jako Tecomat od české společnosti Teco a.s., který je alternativou k Loxone či obdoba Domoticz, systém OpenHAB nebo populární Home Assistant [36][38][56][57][58].

4.3.1 Požadavky na systém

Systém pro řízení budovy a automatizaci by měl na základě průzkumu mezi zájemci o systém a uživateli splňovat několik základních podmínek pro úspěšnou možnost integrace dobíjecí stanice pro dobíjení elektromobilu v domácích podmínkách a možnost integrace fotovoltaické elektrárny pro využití zelené energie pro dobíjení. Především by měl být systém otevřený ve smyslu kompatibility externích zařízení a měl by tedy zvládnout integraci zařízení různých výrobců.

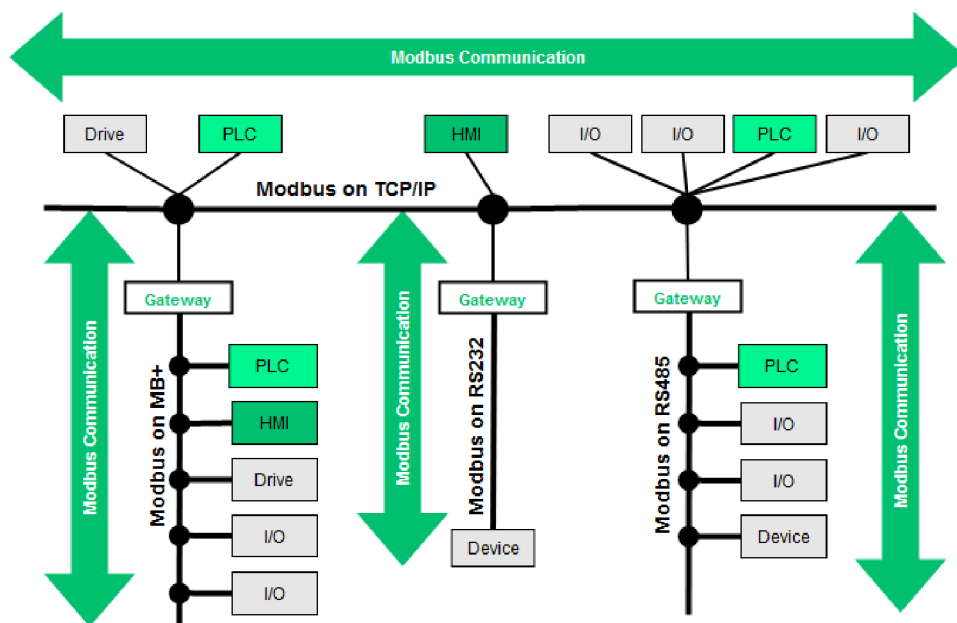
Pro jednodušší správu a lepší přehlednost by měl systém disponovat grafickým uživatelským rozhraním ať už ve formě mobilní aplikace pro systémy Android či iOS nebo rozhraním ve formě webové aplikace. Grafické konfigurační a monitorovací rozhraní zajistí i méně zkušenému uživateli v oblasti informatiky, automatizace a řízení domácnosti či budovy nástroj na základní konfigurace a sestavení funkcí systému.

System by měl disponovat alespoň jedním, ale nejlépe více typy a možnostmi komunikačních protokolů pro napojení externích zařízení v závislosti na potřebě a nároků uživatele na funkčnost systému jako celku. System by měl mít možnost volání pomocí API (zkratka pro aplikační programové rozhraní, z angl. Application Programming Interface), aby bylo možné napojit systém s dalšími externími systémy a zařízeními. Volání pomocí API by mělo zajistit možnost integrace externích zařízení, které nejsou podporované napřímo.

System by měl v určité formě, včetně formy nepřímé za pomoci dalších podpůrných aplikací, podporovat zejména komunikační protokol MQTT (zkratka Message Queuing Telemetry Transport) pro chytrá zařízení, případně komunikační protokol Modbus pomocí sériové komunikace nebo Modbus TCP/IP na síťové vrstvě. Nepřímou podporou těchto komunikačních protokolů je zamýšlena podpora například MQTT pomocí takzvaného MQTT Brokera či serveru a následnému zpracování mimo centrální řídicí systém. Příkladem zpracování dat mimo hlavní řídicí systém je rozhraní Node-RED, které nabízí možnost manipulace různých toků dat v několika málo krocích.

Modbus

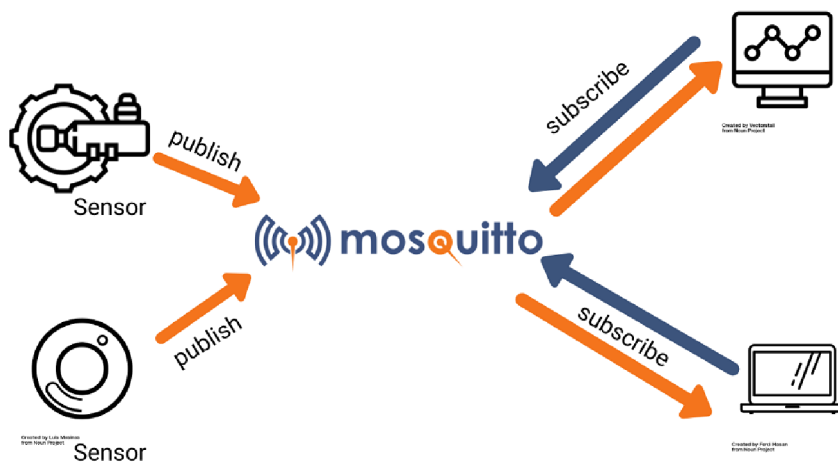
Modbus je sériový komunikační protokol, který k přenosu dat využívá sériovou linku RS-232, RS-485 či RS-422, případně kroucenou dvojlinku (ethernet) pro TCP/IP přenos v případě Modbus TCP/IP. Data jsou přenášena sériově za využití signálu 0 (napětí +5 V) a 1 (napětí -5 V) při typické rychlosti 9600 baudů (bitů za sekundu). Přenášená data jsou reprezentována v HEX (hexadecimální neboli šestnáctkové) soustavě. Data jsou složena ze 4 bloků – adresa, funkce, data a kontrolní součet. Modbus pracuje v režimu Master – Slave, nebo také Server – Klient a je možné na jednu Modbus linku v sérii zapojit až 247 koncových zařízení. *Více informací k technologii Modbus na webových stránkách Modbus organizace <https://modbus.org/> [47].* Schématické znázornění komunikace pomocí Modbus na následující straně (Obrázek 20).



Obrázek 20 - Schéma komunikace pomocí technologie Modbus, zdroj: inmation Software GmbH [79]

MQTT

Message Queuing Telemetry Transport neboli zkráceně MQTT (nebo také MQ Telemetry Transport) je komunikační protokol založený na TCP/IP přenosu dat. MQTT slouží pro předávání dat mezi klienty pomocí takzvaného MQTT Brokera (příkladem může být broker Eclipse Mosquitto nebo HiveMQ), který slouží jako prostředník v komunikaci. Centrální prvek či bod (MQTT Broker) se stará o výměnu zpráv mezi prvky – předávání zpráv v režimu Publisher – Subscriber, v doslovném překladu Vydavatel – Odběratel. Schématické vyobrazení komunikace pomocí MQTT Brokera Eclipse Mosquitto na další straně.

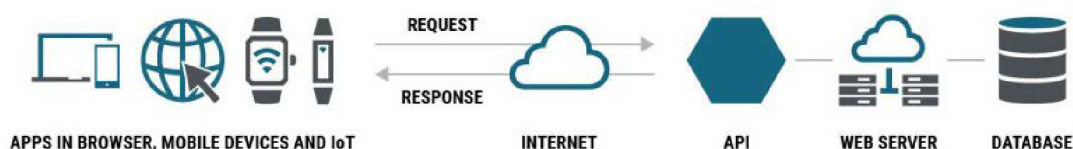


Obrázek 21 - Schéma komunikace pomocí MQTT Brokera Eclipse Mosquitto, zdroj: Bosch Rexroth AG [80]

Díky své jednoduchosti a nenáročnosti je velmi používaný v IoT odvětví, protože nevyžaduje vysoký výpočetní výkon a jeho použití je vhodné pro zařízení s nízkou kapacitou pro výpočty či nízkoenergetické prvky s bateriovým napájením. V rámci MQTT jsou zprávy tříděny do takzvaných témat, či anglicky topic. Koncový prvek (z angl. node) navazuje nejdříve komunikaci s Brokerem, po potvrzení spojení se klient přihlásí k odběru témat, která chce přijímat. Poté může zařízení s Brokerem vzájemně komunikovat v rámci odebíraných témat. *Více informací k technologii Modbus na webové stránce MQTT organizace <https://mqtt.org/> [46].*

API

Technologie API neboli aplikační programové rozhraní (z angl. Application Programming Interface) slouží pro komunikaci mezi aplikacemi, nejčastěji v režimu Server – Klient. Dotazování pomocí API může sloužit od pouhého čtení dat aplikace po jejich úpravu nebo i ovládání prvku na jednom či druhém konci. Při zavolání dotazu pomocí API za využití HTTP nebo WebSocketu dojde k vrácení požadovaných dat, nejčastěji ve formátu JSON. Pro získávání nebo manipulaci s daty je možné použít i ověřování klienta.

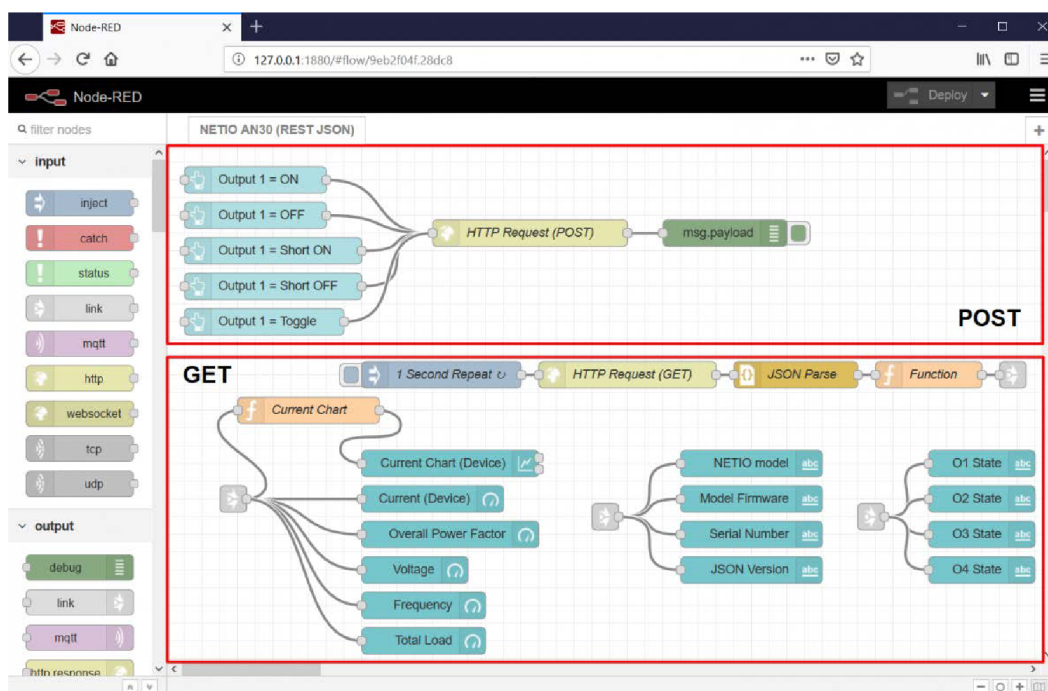


Obrázek 22 - Schéma komunikace pomocí technologie API, zdroj: Axway [81]

Při použití u dobíjecích stanic a IoT prvků se nejčastěji jedná o volání dotazů na aktuální stav a vyčtení hodnot zařízení nebo pro ovládání zařízení – pomocí API můžeme zaslat dobíjecí stanici pokyn k zahájení dobíjení, stejně tak můžeme vyčítat aktuální data (live-data) o nabíjení. Implementace samotného API a vlastní struktury příkazů vždy závisí na konkrétním tvůrci hardware a software – podklady pro API komunikaci jsou nejčastěji obsaženy v dokumentaci výrobce zařízení. *Více informací k technologii API na webové stránce společnosti RedHat <https://www.redhat.com/en/topics/api/what-are-application-programming-interfaces> [48].*

Node-RED

Aplikace Node-RED je bezplatná programovací aplikace či nástroj postavený na technologii Node.js. sloužící pro předávání a manipulaci s daty ve světě IoT zejména pro komunikaci MQTT, JSON (zkratka JavaScript Object Notation), XML (zkratka Extensible Markup Language), API a podobně. Pomocí funkcí neboli uzlů (z angl. node) je možné vytvořit algoritmus k předávání a manipulaci s daty – například sběr JSON komunikace a zpracování pro volání API na druhé straně. Díky tomuto prostředí je možné velmi jednoduchou cestou umožnit komunikaci zařízení, které by nikdy nemohli být schopné vzájemné komunikace z důvodu vzájemné nekompatibility (např. nekompatibilita komunikačních protokolů). Aplikace umožňuje běh v lokálním prostředí na vlastním hardware nebo v cloudu (placené varianty třetích stran). Na snímku (Obrázek 23) je zachyceno konfigurační (programové) rozhraní aplikace Node-RED se vzorovým programem pro volání API.



Obrázek 23 - Snímek uživatelského rozhraní Node-RED, zdroj: HW.cz [82]

Prostředí Node-RED umožňuje „programování“ předávání a zpracování přijímaných dat pomocí bloků podmínek a funkcí i bez znalosti programovacích jazyků díky přehlednému grafickému uživatelskému rozhraní. Za pomocí jednoduchých 3 nodů (bloků) vstup-zpracování-výstup lze docílit jednoduchého

předání dat mezi dvěma zařízeními či systémy. Jednoduše tak lze vytvořit například most mezi dobíjecí stanicí komunikující pomocí MQTT se systémem volání API. Díky vysoké variabilitě možností práce se vstupy, výstupy a daty je aplikace Node-RED velmi vhodná pro aplikace řízení budovy a automatizace. *Více informací k aplikaci Node-RED na webové <https://nodered.org/> [45].*

Dle požadavků uživatele na instalaci by měl být systém připravený v průmyslové formě jako modul na DIN lištu do rozvaděčové skříně nebo by jej mělo být možné nainstalovat na výpočetní systémy malých rozměrů typu Raspberry Pi (minipočítač vyvinutý společností Raspberry Pi Foundation) a podobně, které umožňují řízení dalších zařízení pomocí vstupních a výstupních pinů (z angl. GPIO – General-purpose input/output).

Výsledný systém jako celek by měl umožňovat základní funkčnost, kterou definuje dle svých potřeb uživatel koncového systému bez hlubší znalosti programovacích a kódovacích jazyků a měl by uživateli umožnit v případě potřeby správu chování systému za využití pouze bazálních znalostí typu využití podmínek, když nastane A, potom B a obdobně.

Po finanční stránce by systém za ideálních podmínek neměl být vázaný jakýmkoli druhem předplatného za umožnění funkčnosti systému jako celku. Systém může být zpoplatněn z počátku instalace ve formě nákupu specializovaného hardware potřebného pro provoz systému nebo formou licence na softwarové vybavení potřebné pro běh systému.

Základní podpora systému je ze strany uživatele požadována pomocí dokumentace a případně komunity uživatelů v rámci technického fóra a helpdesku s nižší prioritou. Tolerovaným předplatným ze strany uživatele by bylo pouze volitelné předplatné ve formě prémiové podpory (formát pohotovosti podpory 24/7 například formou helpdesku) produktu v případě nesprávného fungování v místě instalace.

V neposlední řadě by měl být systém stabilní, aby se zaručil bezchybný provoz budovy a domácnosti bez nutnosti častých zásahů uživatele nebo servisních techniků do instalovaného systému. Systém by měl mít možnost buď stavby takzvané na klíč odbornou firmou nebo by měl být možný integrovat v rámci budovy vlastními silami uživatele.

4.3.2 Prostředí systému řízení

Systémy pro řízení budovy Loxone, Domoticz a Home Assistant mají vlastní webové rozhraní a aplikace pro nejrozšířenější mobilní systémy Android a iOS. Oba systémy řeší vizualizaci aktuálního stavu budovy uživateli pomocí dashboardů s možností nastavení zobrazovaných informací a rychlých funkcí.

Ke konfiguraci systému Loxone slouží aplikace Loxone Config. Konfigurace systému jako celku je realizována za pomoci funkčních bloků a podmínek. Díky tomu je konfigurace možná i bez hlubší programovací znalosti jakéhokoli programovacího či skriptovacího jazyka. Mimo čisté konfigurace je v aplikaci také možno konfiguraci testovat před samotným nasazením na systému v budově. Díky otevřenosti systému je také možno importovat již hotové integrace z volně dostupné Loxone knihovny. Systémové rozhraní systému Loxone je optimalizované pro přehlednost díky sjednocenému designu na všech typech zařízení a lze jej snadno ovládat i na dotykových systémech jako jsou tablety apod. pro ovládání systému budovy [39].

Pro konfiguraci systému Domoticz slouží zejména skriptovací jazyk Lua, který již i pro základní funkčnost vyžaduje po uživateli alespoň bazální znalost tohoto skriptovacího jazyka. Výchozí režim konfigurace tedy není vhodný pro každého jako v případě systému Loxone. Systém Domoticz lze ale také konfigurovat pomocí frameworku Blockly, který je vyvíjený společností Google Inc. Díky této pomyslné nadstavbě je možné základní programování systému i bez hlubší znalosti skriptovacích jazyků jako je tomu v případě Loxone. Přesto framework Blockly neumožňuje totožné možnosti programování funkcí jako skriptovací jazyk Lua a je tedy méně doporučovaný pro komplexnější systém automatizace [37].

Pokud není uživatel seznámen s obecnými programovacími či skriptovacími jazyky typu Python, JavaScript, Lua apod., je vhodnější volit komplexnější variantu systému Loxone, která je více zaměřena na uživatele i bez těchto znalostí. Oproti tomu Domoticz míří na více technicky založené uživatele a umožňuje úpravu systému dle vlastních potřeb právě díky čistšímu skriptovacímu rozhraní.

4.3.3 Integrace dobíjecí stanice a fotovoltaiky

Většina dobíjecích stanic a řídicích jednotek pro fotovoltaické elektrárny disponuje komunikačními rozhraními pro připojení do systému řízení budovy. Nejčastěji se jedná o rozhraní pomocí technologie Modbus nebo síťové ethernetové připojení pro komunikaci za pomoci API či MQTT. Zejména systémy pro řízení budovy a chytrou domácnost (např. Loxone a Domoticz) disponují rozhraním pro integraci dalších zařízení do systému právě pomocí API (neboli *aplikační programové rozhraní* sloužící pro předávání informací mezi různými software aplikacemi). V závislosti na použitém hardware je možné využití i Modbus či při doplnění o nástroje pro zpracování MQTT.

Univerzální systémy Loxone i Domoticz či Home Assistant pak nabízejí vestavnou integraci pro určité typy a značky dobíjecích stanic přímo (aktuální seznam podporovaných stanic lze nalézt na webu společnosti). V případě open-source systémů je integrace nepodporovaných dobíjecích stanic snazší, protože lze snadněji zasáhnout do kódu samotné aplikace a rozšířit si systém o tyto funkce. Naopak tomu je u proprietárních řešení společností zabývajících se i výrobou dobíjecích stanic, které podporují pouze vlastní stanice.

Samotná integrace dobíjecí stanice do jakéhokoli systému, který umožňuje API volání na připojené síťové zařízení nevyžaduje speciální znalosti, protože funguje na principu zpráv. Podobného chování lze dosáhnout například se systémem Node-RED, který může dobře posloužit pro otestování funkčnosti volání API i bez znalosti kódování díky jednoduchému rozhraní. Systém Node-RED také velmi dobře poslouží při integraci zařízení pomocí protokolu MQTT a předávání dat do systémů Loxone a Domoticz.

Pomocí výše zmíněných protokolů lze z dobíjecí stanice poté poměrně snadno vyčíst aktuální stav konektoru, aktuální výkon, informace o komunikaci s vozidlem jako je stav nabití, případně stanici i vzdáleně ovládat. Stejným způsobem je možné vyčítat informace i ze systému fotovoltaické elektrárny jako je například aktuální výkon výroby zelené energie.

Při výběru dobíjecí stanice a fotovoltaické elektrárny je důležité klást důraz zejména na zvolenou technologii a možnosti připojení. Většina dobíjecích stanic díky napojení do internetu nebo lokální sítě podporuje zejména volání pomocí API, které může systém pro řízení budovy zpracovávat a volat napřímo anebo je toto volání umožněno pomocí prostředníka jako je Node-RED a podobných.

Doporučen je výběr hardware takový, který umožňuje zjišťování stavu pomocí dotazů za využití API nebo získávání dat pomocí protokolu MQTT. V případě výběru dobíjecí stanice pro elektromobilitu se nemusí vždy jednat o kompletní dobíjecí stanici, ale je možno doporučit pro instalaci také řídicí jednotky pro kontrolu dobíjení určené na DIN lištu a možné schování do rozvaděče jako jsou jednotky typu Bender CC613 [51] nebo Voltdrive PortGuard. V případě výběru fotovoltaické elektrárny je doporučena konzultace s dodavatelem technologie jako celkového systému, aby podporoval komunikaci za ideálních podmínek pomocí MQTT nebo Modbus. Pokud dochází ke složení systému fotovoltaické elektrárny z komponent různých výrobců, je doporučeno vybírat produkty takové, které výrobce systému pro řízení budovy již zaintegroval do svého systému a oficiálně podporu nabízí. V případě zvolení jiné jednotky může být problém se složitější integrací do systému řízení.

V obou případech je volitelně možné zvolit k instalaci takzvané „hloupé“ koncové zařízení, u kterého je možné následné řízení dle aktuálního stavu energie umožněno dodatečnými prvky. Takové řešení není obecně doporučeno, protože může dojít problémům s integrací anebo nespolehlivostí v rámci funkčnosti z důvodu závislosti na dalších externích vstupech.

4.3.4 Porovnání systému Loxone a Domoticz

Na základě vlastních poznatků a konzultace s odborníky z praxe byla sestavena přehledová tabulka pro porovnání vybraných systémů pro automatizaci (Loxone a Domoticz). Bylo využito hodnocení pomocí zařazení do hlavních kategorií.

První ohodnocení ✓ je potvrzující úspěch a systém splnil danou kategorii bez výhrad odborníků. Ohodnocení ! sloužilo k zařazení výsledků mezi splněné, ale s drobnou výhradou, kdy se nejednalo o větší překážku pro splnění dané kategorie. Posledním hodnocení ✗ sloužilo k nejméně pozitivnímu ohodnocení, kdy byly zjištěny určité nedostatky, které nemohly být odstraněny anebo byl systém v porovnání s druhým výrazně horší.

Pokud byl zjištěn nedostatek, nebo měli odborníci výhrady, byl to tabulky ve sloupci *Poznámka* zanesen vysvětlující komentář. Zařazení do poslední ✗ kategorie neznamená automatické vyřazení systému z úvahy o nasazení, ale je nutné více nasazení zvážit v celkovém porovnání.

Poslední řádek tabulky vyobrazuje doporučení produktu včetně komentáře, proč byl daný systém vybrán jako hlavní. Kompletní tabulka (*Tabulka 1*) k nahlédnutí na následující straně. Stručná legenda k tabulce: ✓ Splněno bez větších výhrad, ! Splněno s výhradou, ✗ Větší výhrady k systému.

Tabulka 1 - Porovnání funkcí a vlastností systému Loxone a Domoticz, zdroj: autor

Funkce	Loxone	Domoticz	Poznámka
Rozhraní systému			
Webové rozhraní	✓	✓	Oba systémy mají webové rozhraní
Mobilní aplikace	✓	!	Mobilní aplikace Loxone uživatelsky přívětivější
Vizualizace prostředí	✓	!	Základní prostředí lépe zpracované u Loxone
Podpora			
Dokumentace	✓	✓	Dokumentace dostupná pro obě platformy
Servisní podpora (3. strana)	✓	✗	Servis Domoticz nemožný (nestandardizovaný)
Komunitní podpora	!	✓	Horší komunitní podpora u Loxone (méně fór)
Rozšířenost systému	✓	✓	Oba systémy jsou velmi populární
Otevřený systém	✓	✓	Software je zdarma, Domoticz open-source
Integrace			
Integrace dobíjecí stanice	✓	✓	Oba systémy podporují v základu několik DS
Integrace fotovoltaiky	✓	✓	Oba systémy podporují v základu několik FVE
Modbus	✓	✓	Oba systémy podporují Modbus komunikaci
MQTT	!	✓	Loxone nativně nepodporuje MQTT
API	✓	✓	Oba systémy podporují API komunikaci
Konfigurace			
Bloková konfigurace	✓	!	Domoticz má omezenější blokovou konfiguraci
Znalost programovacích jazyků	✓	!	Pro Domoticz nutnost znalosti jazyku Lua
Finanční náročnost			
Náklady základní instalace	✗	✓	Systém Loxone je násobně draží
Doplňkové moduly	✓	✗	Domoticz nenabízí vlastní hardware, Loxone ano
Poměr cena/výkon/podpora	✓	!	Loxone má lepší podporu a vlastní hardware
DOPORUČENÍ			
	✓	!	Oba systémy jsou vhodné. I přes větší finanční náročnost je vhodnější zvolit Loxone díky lepší celkové podpoře systému a vlastnímu hardware

4.4 Náklady na systém domácího dobíjení

Náklady na systém domácího dobíjení velmi závisí na faktorech jako je velikost a výkon pořizované fotovoltaické elektrárny a baterie za účelem co nejefektivnějšího využívání zelené energie jak pro chod budovy, tak pro nabíjení vozidla na čistě elektrický pohon. Dále cena závisí na vybraném systému pro řízení budovy a na výběru samotné dobíjecí stanice. Výsledná částka může být odlišná na oblasti a velikosti instalace a na použitých prvcích. Vzorové cenové kalkulace jsou založeny na cenách komponent pro systém a podmínkách v prvním kvartálu (Q1) v aktuálním roce 2023. Vzhledem k aktuálnímu stavu trhu lze očekávat mírné zvýšení výsledné orientační kalkulace doporučeného systému v jednotkách procent.

4.4.1 Výběr řídicího systému

Na základě aktuálního stavu nabídky na trhu byly doporučeny dva systémy pro řízení budovy, systém pro řízení budovy Loxone a systém pro automatizaci Domoticz. Na základě zkoumání se i přes vyšší počáteční investici do řídicího prvku systému jeví jako vhodnější volba pro řízení budovy a domácnosti systém Loxone, který je daleko komplexnější a více ucelený jako kompletní systém z důvodu výroby vlastního hardware a snazší možnosti integrace dalších komponent.

Počáteční investice do základního hardware pro běh samotného systému Domoticz bez dalších komponent vychází na zhruba 4 000 až 5 000 Kč včetně 21 % DPH (ceny Q1/2023 u distributorů). Z důvodu špatné skladové dostupnosti se jedná o jednu z méně variant, jak sehnat základní hardware pro běh systému Domoticz. Konkrétně se jedná o minipočítač Raspberry Pi 4B ve variantě s pamětí RAM o velikosti 4 nebo 8 GB v originálním balení jako „Desktop Kit“ s klávesnicí a uživatelskou příručkou. Pro běh systému Domoticz je doporučena nejdražší varianta 8 GB, která je vhodná i pro nasazení podpůrných aplikací pro MQTT server (např. Eclipse Mosquitto [55]) a NODE-Red pro další zpracování se zachováním dostatečného výkonu a kapacity paměti. Alternativou pro samostatné Raspberry Pi může být rozšiřující sada Unipi 1.1 za 10 500 Kč včetně 21 % DPH.

Investice do základního hardware (centrální řídicí jednotka) pro systém Loxone je v rozmezí 15 000 až 20 000 Kč včetně 21 % DPH (ceny Q1/2023 u Loxone) v závislosti na modelu centrálního Miniserveru. V závislosti na ceně a možné rozšiřitelnosti je doporučeno využití jednotky Loxone Miniserver v horní cenové hranici. Pro základní řízení budovy a nasazení systému dobíjecí stanice a fotovoltaiky by postačoval i základní model Loxone Miniserver Compact, přesto se jeví jako vhodnější mírně vyšší investice do většího modulu s ohledem na budoucí snazší rozšíření díky většímu počtu vstupů/výstupů. Další rozšíření celého ekosystému je možné pomocí vlastních jednotek v řádech od několika málo tisíců Kč až k hranici dvou desítek tisíc korun. Zároveň je u tohoto systému potřeba připočítat náklady 4 000 až 5 000 Kč v případě nutnosti pořízení systému pro manipulaci s daty za pomoci MQTT Brokera a NODE-Red, protože systém Loxone nepodporuje přímo zařízení komunikující pomocí protokolu MQTT. Celková cena za základní jednotku systému se stejnými možnostmi jako systém Domoticz se tak může vyšplhat až na 25 000 Kč s DPH. Shrnutí cen v tabulce níže (*Tabulka 2*).

Tabulka 2 - Shrnutí cen systému Loxone a Domoticz v základu, zdroj: autor

	Loxone	Domoticz	Loxone	Domoticz
Základní komponenta	Loxone Miniserver	Unipi 1.1 kit	Miniserver Compact	Raspberry Pi 4B kit
Cena (vč. DPH)	20 000 Kč	10 500 Kč	15 500 Kč	5 000 Kč
Poznámka	Ekvivalentní vlastnosti a možnosti připojení digitálních a analogových vstupů/výstupů		Menší varianta Miniserver, méně vstupů a výstupů	Možno rozšířit deskou Unipi 1.1 v hodnotě 4 000 Kč

Systém Loxone je tedy až 4x dražší v základu, než systém Domoticz postavený na minipočítači Raspberry Pi 4. Nicméně nabízí „průmyslovou“ kvalitu a je méně náročný na první oživení systému. Zároveň je pro systém Domoticz nutná základní znalost skriptovacích jazyků a nejedná se o uniformní systém, kde v případě potíží může dorazit servisní technik a uvést systém do pořádku z důvodu chybějících komponent pod značkou Domoticz.

Systém Loxone je na základě vlastních možností systému a díky vlastnímu hardware vhodný pro všechny instalace, u kterých je žádoucí servis třetí osobou. I přes cenový „handicap“ je systém Loxone vhodnější pro rozsáhlejší instalace, kde se počítá s integrací dalších systémů – například integrace chytrého ovládání KNX [54] od Legrand nebo ABB. Nicméně systém Domoticz lze doporučit všude tam, kde je počítáno se správou a řešením problémů pouze ze strany uživatele a je kladen důraz na cenu. Oba systémy zároveň umožňují realizovat řešení na míru neboli „na klíč“ dle specifických potřeb uživatele.

4.4.2 Pořízení fotovoltaiky

V případě fotovoltaické elektrárny se jedná hlavně o parametry samotných panelů, které jsou určeny jejich velikostí a výkonem. Dalším omezujícím parametrem je také maximální velikosti celé elektrárny, která je nejčastěji určena střechou budovy a polohou samotného objektu. Při kalkulaci byla zohledněna průměrná velikost střechy mezi 30 až 60 m² – nejčastěji jsou dle zkušeností montovány rozměry fotovoltaické elektrárny s celkovou plochou kolem 50 m² za účelem co nejvyšší soběstačnosti.

Pro účel kalkulace byly vybrány dle odborníků nejběžněji používané panely pro fotovoltaiku s maximálním výkonem kolem 400 až 450 Wp. Při úvaze maximální soběstačnosti budovy a využití nejvýkonnějšího panelu s výkonem k horní hranici, tedy výkon 450 Wp, jsou náklady na fotovoltaickou elektrárnu bez baterie na ploše 50 m² cca 400 000 až 450 000 Kč včetně 15 % DPH. Celkový teoreticky maximální výkon instalace je 9 až 11 kWp, což se rovná teoretické maximální výrobě 11 MWh za rok – fotovoltaika dokáže pokrýt 150 až 350 % roční spotřeby (uvažována spotřeba 3 až 7 MWh za rok). Nejlepšími měsíci s ideálními podmínkami pro výrobu jsou zejména měsíce duben až září. Celková návratnost investice je do 7 let provozu.

Při úvaze stejné velikosti fotovoltaické elektrárny, ale doplněné o baterii s kapacitou 10 až 12 kWh pro udržení samostatnosti běhu budovy i přes nepříznivé podmínky pro výrobu elektřiny se částka navyšuje na 650 000 až 750 000 Kč včetně 15 % DPH bez započítané dotace v rámci programu Nová zelená úsporám. Zároveň se návratnost investice prodlužuje až na 10 let provozu za ideálních podmínek a současné ceně 6 500 Kč za MWh (cena Q1/2023).

Pro lepší využití vyráběné energie je také do systému fotovoltaické elektrárny a rozvodů elektrické sítě v budově vhodné zaintegrovat takzvaný vytěžovač či regulátor (také tzv. Wattrouter) pro maximalizaci využití fotovoltaiky k výrobě energie. Tato zařízení mají celkem jednoduchý princip maximálního vytížení výroby energie fotovoltaikou při ideálních podmínkách pro výrobu a šetření v době snížené výroby energie z důvodu horších klimatických podmínek pro výrobu. Na tato zařízení je vhodné napojovat zařízení s velkým odběrem energie – akumulční kamna, bojler, topná tělesa, klimatizace, bazénové filtrace a další doplňková zařízení. Díky těmto zařízením jsou koncová zařízení napájena především ze zelené energie a dochází k omezení využívání energie z veřejné distribuční sítě. Přebytná energie z výroby je díky tomu lépe využita pro vlastní spotřebu budovy, aby nedocházelo k nevyužívání potenciální zelené energie. Cena takového zařízení se pohybuje nejčastěji v rozmezí 10 000 až 15 000 Kč včetně DPH. Díky lepšímu využívání fotovoltaické elektrárny jako zdroje energie a nalezení využití pro jinak nevyužívanou energii, je návratnost této investice do wattrouteru v rámci několika málo měsíců.

V přehledové tabulce (*Tabulka 3*) na následující straně je možné vyčíst orientační přehled nákladů včetně DPH (ceny pro Q1/2023) na pořízení vlastní fotovoltaické elektrárny v závislosti na jejích parametrech s úvahou rozměrech plochy střechy, resp. plochy fotovoltaiky v rozmezí 30 až 60 m² a velikosti samotné budovy. Zohledněna byla také návratnost samotné investice do fotovoltaické elektrárny, která se pro uvedené velikosti elektráren pohybuje mezi 4 až 10 lety v závislosti na velikosti a využití bateriového úložiště pro energii. Zohledněno bylo také využití dotace až do výše 205 000 Kč (*bez úvahy zvýhodnění pro vybrané kraje – více v navazující kapitole 4.4.4 Využití dotace*).

Tabulka 3 - Průměrné náklady vzorového systému fotovoltaiky (Q1/2023), zdroj: autor

Plocha [m²]	30		40		50		60	
Počet panelů [ks]	15		20		25		30	
Výkon panelů [Wp]	450							
Výkon instalace [kWp]	6,75		9		11,25		13,5	
Roční výroba [MWh]	6,9		9,2		11,5		13,8	
Využití baterií (kapacita cca 1:1)	Ano	Ne	Ano	Ne	Ano	Ne	Ano	Ne
Pokrytí spotřeby 3 MWh [%]	230		300		380		450	
Pokrytí spotřeby 7 MWh [%]	95		130		160		190	
Cena bez dotace (vč. DPH) [tis. Kč]	420	270	560	360	700	450	840	540
Cena po využití dotace [tis. Kč]	280	190	370	240	490	340	630	430
Návratnost investice [let]	6 až 7	4 až 5	7 až 8	5 až 6	7 až 8	5 až 6	9 až 10	6 až 7

4.4.3 Výběr dobíjecí stanice

Posledním kritériem pro kompletní systém umožňující pohodlné domácí nabíjení elektromobilu s ohledem na skutečně zelený zdroj energie a možnosti využití elektromobilu jako dodatečné záložní baterie pro budovu je samotná dobíjecí stanice. Domácí dobíjecí stanice se podle výkonu a funkcí pohybují v rozmezí od nižších desetitisíců Kč k hranici až 100 000 Kč. Běžné stanice s výkonem od 3 do 22 kW podle počtu fází – nabíjení pomocí 1 až 3 fází a možností samotného vozidla – se pohybují pod hranicí 50 000 Kč včetně DPH dle výbavy. Základní boxy s nižším výkonem je možné pořídit již od cca 12 500 Kč včetně DPH (Q1/2023) včetně možnosti využití speciálního tarifu elektřiny (C27d, D27d) [53]. V této cenové hladině nelze očekávat podporu funkce Vehicle to Home pro možnost využití elektromobilu jako záložního zdroje energie. Takzvané obousměrné dobíjecí stanice, které využívají vnitřního invertoru pro umožnění převodu energie z vozidla a jejímu využití v rámci budovy (neboli Vehicle to Home) začínají u hranice 50 000 Kč za dobíjecí stanici s jedním dobíjecím bodem.

V případě dobíjecích stanic je klíčová zejména konektivita pro připojení do centrální instalace pro řízení budovy. Stanice by měla podporovat jeden ze tří nejběžnějších protokolů či způsobu, jak komunikovat s centrálou. Doporučené způsoby komunikace pro co nejlepší možnost napojení na řízení domu jsou Modbus, API a MQTT. Na trhu je nespočet výrobců běžných dobíjecích stanic, a proto je doporučeno před nákupem prohlédnout dokumentaci, že možnosti napojení na řídicí jednotku domu jsou dostačující. V případě systému Loxone (a dalších systémů) je dobrou volbou poměru cena/výkon dobíjecí stanice Keba KeContact P30 [50], případně pro montáž do rozvaděče řídicí jednotka Bender CC613 [51]. Oba dobíjecí systémy lze napojit na centrální systémy řízení budovy a poskytují jak dostatečný výkon pro dobíjení (až 22 kW), tak dobrou konektivitu a široké možnosti nastavení z grafického uživatelského rozhraní.

Na poli obousměrných dobíjecích stanic je prozatím trh značně omezený z důvodu počátku adopce této technologie směrem k zákazníkům. Jednou z variant je dobíjecí stanice Wallbox Quasar 2 či lze využít invertor s omezeným výkonem Setec Power 6 kW [52]. Do roku 2024 by také na trh měla dorazit obousměrná dobíjecí stanice Enphase (z angl. Enphase Bidirectional EV Charger) [49], která by měla přinést revoluci do soukromého sektoru s technologií Vehicle to Home. Lze tedy očekávat postupné rozšíření dobíjecích stanic s technologií Vehicle to Home, resp. Vehicle to Grid v následujících letech. Za předpokladu přemýšlení do budoucna má smysl naddimenzovat domácí dobíjecí systém tak, aby zvládl dobíjení elektromobilu včetně následné jednoduché integrace obousměrné dobíjecí stanice.

4.4.4 Využití dotace

Na kompletní produkt fotovoltaické elektrárny včetně spojení s dobíjecí stanicí pro elektromobily nebo plug-in hybridy je možné využít dotací v rámci programu Nová zelená úsporám 2021–2030. Dotace je vyměřována podle velikosti fotovoltaické elektrárny, výkonu výroby fotovoltaiky a velikosti úložné baterie. Zároveň je díky programu dotací možné uspořit na pořízení dobíjecí stanice. Dotace je poskytována až na 2 dobíjecí stanice.

V případě využití dotace na fotovoltaickou elektrárnu, je možné dosáhnout dotace až 200 000 Kč, resp. 205 000 Kč. Pravidla pro získání dotace v určité výši jsou dané

instalovaným výkonem a typem měniče. Výše se také odvíjí od využití a velikosti záložních baterií, kde se energie uchovává. Avšak maximální podpora za každou instalovanou 1 kWh bateriového úložiště je do maximální výše v poměru 1:2, tedy dotace je poskytována v poměru až dvojnásobku velikosti kapacity baterie k instalovanému výkonu fotovoltaiky. Na vyšší kapacitu baterií není dotace dále poskytována, ale zároveň není maximální kapacita bateriového úložiště nijak omezena.

Dotace na dobíjecí stanice je v maximální výši 30.000 Kč na jednu stanici, tedy 60 000 Kč je maximální možná úspora. Zároveň je dotováno maximálně 50 % kupní ceny dobíjecí stanice. Přímá úspora na pořízení dobíjecí stanice je maximálně 50 % z ceny do pořizovací ceny 60 000 Kč za jeden dobíjecí box. Další informace k výši dotací v přehledové tabulce na následující straně a na *webu dotačního programu Nová zelená úsporám* [40].

Tabulka 4 - Shrnutí výše dotací Nová zelená úsporám na pořízení fotovoltaiky, zdroj: autor

Základní instalace o výkonu 2 kWp se standardním měničem	40 000 Kč
Základní instalace o výkonu 2 kWp s hybridním měničem	60 000 Kč
Základní instalace o výkonu 2 kWp s efektivním využitím tepelného čerpadla	100 000 Kč
Za každý další 1 kWp nad 2 kWp instalovaného výkonu	10 000 Kč
Za 1 kWh bateriového akumulčního systému	10 000 Kč
Zvýhodnění žadatele z Karlovarského, Ústeckého a Moravskoslezského kraje	navíc 10 %
Maximální úspora za systém fotovoltaické elektrárny	205 000 Kč
Maximální úspora za systém fotovoltaické elektrárny (zvýhodnění KVK, ÚK a MSK)	225 000 Kč
Jeden dobíjecí bod (dobíjecí stanice) - úspora 50 % kupní ceny	až 30 000 Kč
Maximální úspora za dobíjecí stanice	60 000 Kč

5 Výsledky a diskuse

5.1 Modelové situace

Na základě studia systémů podporujících elektromobilitu a konzultace s odborníky byly jako výsledek doporučeny čtyři modelové případy s přihlédnutím k různým odlišnostem na základě zprůměrovaných požadavků zájemců o kombinaci elektromobility s technologií Vehicle to Home a výrobou zelené elektřiny pomocí fotovoltaické elektrárny. Integrace dobíjecích stanic, fotovoltaické elektrárny, systému pro řízení budovy včetně solární elektrárny a dobíjení elektromobilu jako celku a podpora technologie Vehicle to Home je závislá na velkém množství individuálních aspektů a potřeb, na které je zapotřebí brát zřetel. Není tedy možné se stoprocentní spolehlivostí sestavit modely, které by pokrývali všechny potřeby a požadavky. Na základě získaných zkušeností a informací byly sestaveny níže uvedené modely jako nejvhodnější doporučení pro nasazení nových systémů s přihlédnutím k zdroji zelené energie, energetické náročnosti a možnosti dobíjení elektromobilu v soukromém prostředí.

5.1.1 Model Rodinný dům

Prvním základním modelem je model nazvaný „Rodinný dům“. Jedná se o model doporučený pro téměř každý rodinný dům s větší plochou střechy. Model je navržen tak, aby zohlednil a pokryl co nejvíce potřeb uživatelů. Model Rodinný dům zohledňuje zjištěnou průměrnou roční spotřebu kolem 7 až 10 MWh pro zaručení bezproblémového chodu celé domácnosti a bere v úvahu větší plochu střechy mezi 50 až 60 m². Díky větší ploše střechy je na základě výpočtu odhadována maximální roční výroba energie až 11 MWh, která umožňuje celkové pokrytí vlastní spotřeby budovy až do 100 % spotřeby. V modelu je zároveň uvažována možnost dobíjení elektromobilu bez využití technologie Vehicle to Home z důvodu přirozeně vyšší spotřeby budovy bez nutnosti využívání vozidla jako baterie. Zejména z důvodu doporučení využití velké kapacity bateriového úložiště pro fotovoltaiku.

V souvislosti s vyšší spotřebou a snahou získat co nejvíce energie z velké plochy střechy je vhodné systém doplnit bateriovým úložištěm o minimální kapacitě úměrné výkonu fotovoltaické elektrárny. Doporučeno je využití kapacity bateriového úložiště o velikosti 1:2 až 1:3 v poměru k výkonu fotovoltaiky. Úložiště o takové kapacitě by mělo být bez problému schopné udržet dům v provozu 1 až 2 dny při uvažované maximální spotřebě do 30 kWh/den i při zhoršených podmínkách pro výrobu elektrické energie.

5.1.2 Model Chata

Druhý modelový případ se zabýval menšími budovami a chatovými oblastmi, které nejsou primárně určeny k celoročnímu každodennímu užívání, ale jsou využívány zejména k rekreačním účelům. Vzhledem k očekávané menší velikosti budovy byla doporučena fotovoltaická elektrárna menší velikosti s využitím do 10 panelů o výkonu 400 až 450 Wp s očekávanou výrobou do 5 MWh/rok, doplněná o baterii úložiště kapacity nižší, než je maximální výkon fotovoltaiky anebo baterií úměrnou k výkonu elektrárny, tedy maximálně v poměru 1:1. Zároveň lze doporučit využití obousměrné dobíjecí stanice, kdy je v případě víkendového užití elektromobil postupně dobíjen během těchto dvou, resp. třech dní (pátek až neděle) a zároveň může sloužit jako rozšíření bateriové úložiště budovy pro pokrytí či dorovnávání spotřeby energie při snížené výrobě za zhoršených podmínek pro výrobu. Mimo jiné lze očekávat možné výpadky elektrické energie vzhledem k častému umístění rekreačních objektů dále od větších měst a je tedy vhodné v případě vozidla s velkou baterií použít vozidlo jako záložní zdroj energie pro případ výpadku energie a udržení komfortu v objektu.

5.1.3 Model Nízká spotřeba

Model nazvaný podle režimu nízké spotřeby je zaměřený zejména na objekty, které jsou projektované a stavěné jako energeticky soběstačné nebo se jedná objekty rekonstruované za účelem snížení energetické náročnosti. Často se jedná o pasivní domy a objekty, které dokáží z více než 90 % pokrýt veškerou denní vlastní spotřebu energie z instalovaných systémů zdroje zelené energie. V případě takových objektů je doporučeno

využití co možná největší plochy střechy pro fotovoltaickou elektrárnu, jakou konstrukce domu umožňuje – doporučena obdobná plocha jako v případě modelu Rodinný dům, tedy 50 až 60 m² a více v závislosti na spotřebě technologického vybavení budovy – průměrná spotřeba elektrické energie se dle lidí z praxe pohybuje na nižší hranici 5 až 7 MWh za rok. Zároveň je možné doplnění tepelným čerpadlem a podobnými systémy, které podporují soběstačnost po celý rok. U těchto staveb je doporučeno využití bateriového úložiště o minimální kapacitě v poměru 1:1 vůči výkonu fotovoltaické elektrárny po možnost využití až trojnásobku kapacity výrobního výkonu fotovoltaiky. Díky tomu bude zajištěn provoz i při horších výrobních podmínkách bez nutnosti využití distribuční sítě. Z důvodu zacílení na nízkou energetickou náročnost budovy se zaměřením na ekologický provoz je také doporučeno využití obousměrné dobíjecí stanice se systémem Vehicle to Home, která umožní v případě nedostatku energie čerpat z baterie elektromobilu a při přebytku energie či velmi dobrých podmínkách pro výrobu dobíjet baterii elektrického vozidla.

Díky kombinaci velkého bateriového úložiště a možnosti využít elektromobil jako záložní baterii, je v případě špatných podmínek pro výrobu elektrické energie fotovoltaikou umožněn provoz ze záložní baterie a baterie vozidla po několik dní. Zároveň za pomoci nízké energetické náročnosti budovy a vysoké kapacity bateriového úložiště je předpokládáno dobíjení a provoz elektrického vozidla na skutečnou zelenou energii bez nutnosti dobíjet vozidlo z veřejné distribuční sítě díky dostatečnému výkonu fotovoltaiky.

5.1.4 Model Příležitostné nabíjení

Poslední model je doplňkovým a zároveň základním modelem pro úvod do světa zelené energie v rámci budovy určené na celoroční obývání. Jelikož se nejedná o model, který má za primární cíl využívání elektromobilu jako zdroje energie a snaží se být vstupním řešením pro elektromobilu v rámci využití zelené energie, byl nazván „Příležitostné nabíjení“. Tento model je finančně nejméně náročný, protože se doporučuje využít co nejefektivněji plochu střechy pro fotovoltaickou elektrárnu do míry pokrytí 80 až 125 % vlastní spotřeby objektu s volitelným doplněním systému o bateriové úložiště o maximální kapacitě rovné výkonu fotovoltaiky. V tomto případě není bateriové úložiště pomyslnou podmínkou, protože se předpokládá, že veškerá energie je spotřebována a neukládá se.

Jedná se o model pro podporu snížení spotřeby a snížení nákladů na energii z veřejné distribuční sítě. Model předpokládá využití wattrouteru, který v době připojeného elektromobilu nasměruje veškerou možnou energii, která by byla nevyužita do elektromobilu a dalších spotřebičů jako je bojler, topení apod. Doporučuje se běžná dobíjecí stanice o nižším výkonu z důvodu pouhé podpory fotovoltaikou k běžnému dobíjení z veřejné sítě a předpokládá se delší doba dobíjení nižším výkonem. Jedná se o základní model, který lze doporučit k využití pro budovy všech typů a je jej velmi snadné dále rozšířit o další panely pro zvýšení výroby energie nebo doplnit o bateriové úložiště energie pro zajištění stabilnějšího zdroje energie při snížené výrobě.

6 Závěr

Na základě vybrané problematiky byla zpracována teoretická rešerše, vycházející z aktuálních využití technologií v rámci možností integrace dobíjecích stanic pro elektromobily a systémů řízení budovy. V teoretické části byla analyzována problematika odběru energie při dobíjení elektromobilů na dobíjecích stanicích v rámci budovy a veřejných dobíjecích míst. Byly charakterizovány průběhy omezení výkonu a možnosti řízení dobíjení na dobíjecích stanicích.

V teoretické části práce byla dále charakterizována problematika významu chytré budovy a jejího řízení. Zároveň byly rozebrány možnosti řízení budovy různými systémy a možnosti napojení systému dobíjecích stanic pro elektromobily na tyto centrální řídicí systémy. Pro další zpracování byly vybrány dva centrální systémy pro řízení budovy.

V praktické části byla analyzována vhodná řešení systémů pro řízení budovy, konkrétně systémy Loxone a Domoticz. Zároveň byly uvedeny požadavky na tyto systémy a byly zhodnoceny možnosti napojení systému dobíjecí stanice a fotovoltaické elektrárny. Byly charakterizovány možnosti použití obou systémů a na základě porovnání došlo k doporučení systému pro řízení budovy s ohledem na požadavky na systém a možnosti systému.

Dále byla charakterizována a následně rozebrána efektivnost dobíjení na dobíjecí stanici s omezením výkonu a možnosti využití fotovoltaické elektrárny jako zdroje zelené elektrické energie pro dobíjení elektromobilu a pro budovu jako celek. Byla zhodnocena a porovnána efektivnost a možnosti použití technologie v rámci řízení budov a dobíjení elektromobilů s využitím zelené energie a finanční náročnost na pořízení technologie. Zároveň byla zhodnocena možnost využití technologie Vehicle to Home v rámci dobíjení a systému řízení budovy.

Na základě zjištěných skutečností a diskuze s odborníky z praxe byly doporučeny modelové situace pro využití systému dobíjení v rámci budovy s využitím fotovoltaické elektrárny jako zdroj energie. Při tvorbě modelů byla zohledněna reálná spotřeba budov a možnost využití elektromobilu jako záložního zdroje energie pomocí Vehicle to Home.

7 Seznam použitých zdrojů

1. BABROWSKI Sonja, HEINRICHS Heidi, JOCHEM Patrick, FICHTNER Wolf. Load shift potential of electric vehicles in Europe [online]. 2014 [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2014.01.019>
2. BARSALI Stefano, CERAOLO Massimo, GIGLIOLI Romano, POLI Davide. Storage applications for Smartgrids [online]. 2015 [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2014.07.029>
3. HARBRECHT Alexander, MCKENNA Russell, FISCHER David, FICHTNER Wolf. Behavior-oriented Modeling of Electric Vehicle Load Profiles: A Stochastic Simulation Model Considering Different Household Characteristics, Charging Decisions and Locations [online]. 2016 [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000082537/8188751>
4. MARKEL T., MEINTZ A., HARDY K., CHEN B., BOHN T., SMART J., SCOFFIELD D., HOVASPIAN R., SAXENA S., MACDONALD J., KILICCOTE S., KAHL K., PRATT R. Multi-lab EV Smart Grid Integration Requirements Study [online]. 2015 [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://www.nrel.gov/docs/fy15osti/63963.pdf>
5. SUDHARSHAN RAVI Sai, AZIZ Muhammad. Utilization of Electric Vehicles for Vehicle-to-Grid Services [online]. 2022 [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: https://mdpi-res.com/d_attachment/energies/energies-15-00589/article_deploy/energies-15-00589.pdf
6. VAN DEN HOED R., MAASE S., HELMUS J., WOLBERTUS R., BOUHASSANI Y., DAM J., TAMIS M., JABLONSKA B. E-mobility: getting smart with data [online]. 2019 [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Rick-Wolbertus-2/publication/334625203_E-mobility_getting_smart_with_data/links/5e2b0c9aa6fdcc70a148d96a/E-mobility-getting-smart-with-data.pdf
7. WIRGES, Johannes. Planning the Charging Infrastructure for Electric Vehicles in Cities and Regions [online]. 2016 [cit. 2023-03-15]. ISBN 978-3-7315-0501-3. Dostupné z: <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000053253/3877194>
8. DELFANTI Maurizio, FASCIOLO Enrico, OLIVIERI Valeria, POZZI Mauro. A practical implementation of smart grids in the urban area of Milan [online]. 2014 [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2014.11.019>

9. BEYAZIT Muhammed Ali, TAŞCIKARAOĞLU Akın, CATALÃO João P. S. Cost Optimization of a Microgrid Considering Vehicle-To-Grid Technology and Demand Response [online]. 2022 [cit. 2023-03-15].
Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.segan.2022.100924>
10. NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY. Multi-Lab EV Smart Grid Integration Requirements Study: Providing Guidance on Technology Development and Demonstration [online]. 2015 [cit. 2023-03-15].
Dostupné z: <https://www.nrel.gov/docs/fy15osti/63963.pdf>
11. CORZATO Gabriele, SECCO Luca, Rasheed Arslan, NAGAR Atulya Kumar, SECCO Emanuele Lindo. E-Mobility: smart grid and charging session of electric vehicles [online]. 2018 [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/326227571_E-Mobility_Smart_Grid_and_Charging_Session_of_Electric_Vehicles
12. SIEMENS AG. Desigo system - Building automation and control systems [online]. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://www.siemens.com/global/en/products/buildings/automation/desigo.html>
13. ABB Group. Building and Home Automation Solutions | ABB [online]. [cit. 2023-03-15].
Dostupné z: <https://new.abb.com/low-voltage/products/building-automation>
14. SMATRICS GmbH & Co KG. charVIS - Charger Visualization [online]. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://charvis.pre.cz/dashboard>
15. GOUVEIA C., RUA D., SOARES F.J., MOREIRA C., MATOS P.G., PEÇAS LOPES J.A. Development and implementation of Portuguese smart distribution system [online]. 2014 [cit. 2023-03-15].
Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2014.06.004>
16. YI Zhiyan, LIU Xiaoyue Cathy, WEI Ran. Electric vehicle demand estimation and charging station allocation using urban informatics [online]. 2022 [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2022.103264>

17. YU Hang, NIU Songyan, SHANG Yitong, SHAO Ziyun, JIA Youwei, JIAN Linni. Electric vehicles integration and vehicle-to-grid operation in active distribution grids: A comprehensive review on power architectures, grid connection standards and typical applications [online]. 2022 [cit. 2023-03-15].
Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112812>
18. RAVI Sai Sudharshan, AZIZ Muhammad. Utilization of Electric Vehicles for Vehicle-to-Grid Services: Progress and Perspectives [online]. 2022 [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/en15020589>
19. SBORDONE D., BERTINI I., DI PIETRA B., FALVO M.C., GENOVESE A., MARTIRANO L. EV fast charging stations and energy storage technologies: A real implementation in the smart micro grid paradigm [online]. 2014 [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2014.07.033>
20. KAYSAL Ahmet, KÖROGLU Selim, OGUZ Yüksel. Hierarchical energy management system with multiple operation modes for hybrid DC microgrid [online]. 2022 [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2022.108149>
21. OTA Yutaka, TANIGUCHI Haruhito, BABA Jumpei, YOKOYAMA Akihiko. Implementation of autonomous distributed V2G to electric vehicle and DC charging system [online]. 2014 [cit. 2023-03-15].
Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2014.05.016>
22. ILIĆ Dejan, KARNOUSKOS Stamatis, BEIGL Michael. Improving accuracy of energy forecasting through the presence of an electric vehicle fleet [online]. 2014 [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2014.10.008>
23. ZHONG Haiwang, XIA Qing, XIA Ye, KANG Chongqing, XIE Le, HE Wen, ZHANG Huiling. Integrated dispatch of generation and load: A pathway towards smart grids [online]. 2014 [cit. 2023-03-15].
Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2014.04.005>
24. KOLLER Michael, BORSCHE Theodor, ULBIG Andreas, ANDERSSON Göran. Review of grid applications with the Zurich 1 MW battery energy storage system [online]. 2014 [cit. 2023-03-15].
Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2014.06.023>

25. ABID Meryem, TABAA Mohammed, CHAKIR Asmae, HACHIMI Hanaa. Routing and charging of electric vehicles: Literature review [online]. 2022 [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.07.089>
26. DELFANTI Maurizio, FALABRETTI Davide, FIORI Massimo, MERLO Marco. Smart Grid on field application in the Italian framework: The A.S.S.E.M. project [online]. 2014 [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2014.09.016>
27. MANSUETO VENTURES, LLC. Can my electric car power my house? Not yet for most drivers, but vehicle-to-home charging is coming [online]. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://www.fastcompany.com/90736485/can-my-electric-car-power-my-house-not-yet-for-most-drivers-but-vehicle-to-home-charging-is-coming>
28. AGOUZOUL Abdelali, CHEGARI Badr, TABAA Mohamed, SIMEU Emmanuel. Using neural network in a model-based predictive control loop to enhance energy performance of buildings [online]. 2022 [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.07.125>
29. HAGER GROUP. Vehicle to Home (v2h): Hager Group and AUDI AG [online]. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://hagergroup.com/en/technologies-and-innovations/vehicle-to-home>
30. THE MOBILITY HOUSE. Vehicle to Grid | The Mobility House [online]. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: https://www.mobilityhouse.com/int_en/vehicle-to-grid
31. WEBASTO. Webasto Home Solutions [online]. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://charging.webasto.com/int/products/#wallbox>
32. CLEAN ENERGY REVIEWS. Bidirectional chargers explained - V2G vs V2H vs V2L [online]. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://www.cleanenergyreviews.info/blog/bidirectional-ev-charging-v2g-v2h-v2l>
33. VIRTA. Vehicle-to-Grid (V2G): Everything you need to know [online]. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://www.virta.global/vehicle-to-grid-v2g>
34. INDRA. Vehicle To Home (V2H) Bidirectional Chargers [online]. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://www.indra.co.uk/v2h>
35. WALLBOX. Electric vehicle charger Quasar 2 bi-directional Wallbox [online]. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: https://wallbox.com/en_us/quasar2-dc-charger

36. DOMOTICZ. Domoticz [online]. [cit. 2023-03-15].
Dostupné z: <https://www.domoticz.com/>
37. DOMOTICZ. Domoticz Wiki [online]. [cit. 2023-03-15].
Dostupné z: https://www.domoticz.com/wiki/Main_Page
38. LOXONE. Loxone - Create Automation | Home & Building Automation [online]. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://www.loxone.com/enen/>
39. LOXWIKI. Loxone Community Wiki [online]. [cit. 2023-03-15].
Dostupné z: <https://loxwiki.atlassian.net/wiki/spaces/LOX/overview?mode=global>
40. MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. Nová zelená úsporám | Dotace pro úsporné bydlení [online]. [cit. 2023-03-15].
Dostupné z: <https://novazelenausporam.cz/>
41. SKUPINA ČEZ. Fotovoltaika [online]. [cit. 2023-03-15].
Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/technologie/fotovoltaika>
42. E.ON. Fotovoltaika pro domácnosti [online]. [cit. 2023-03-15].
Dostupné z: <https://www.eon.cz/domacnosti/sluzby/solar/>
43. PRE. Fotovoltaické elektrárny [online]. [cit. 2023-03-15].
Dostupné z: <https://www.pre.cz/cs/domacnosti/sluzby/fotovoltaicke-elektrarny/>
44. S-POWER. Střešní solární elektrárna pro rodinný dům S-Power MIDI [online]. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://www.s-power.cz/fotovoltaicka-elektrarna-s-power-midi/>
45. NODE-RED. Node-RED [online]. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://nodered.org/>
46. MQTT. MQTT: The Standard for IoT Messaging [online]. [cit. 2023-03-15].
Dostupné z: <https://mqtt.org/>
47. MODBUS ORGANIZATION, INC. The Modbus Organization [online]. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://modbus.org/>
48. RED HAT, INC. What is an API? [online]. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://www.redhat.com/en/topics/api/what-are-application-programming-interfaces>
49. ENPHASE ENERGY. Bidirectional EV charging [online]. [cit. 2023-03-15].
Dostupné z: <https://enphase.com/ev-chargers/bidirectional>
50. KEBA Group AG. KeContact P30 Wallbox [online]. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://www.keba.com/en/emobility/products/product-overview/product-overview>

51. BENDER GMBH & CO. KG. CC613 charge controller [online].
[cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://www.bender.de/en/products/charge-controller/cc613-charge-controller/>
52. SHENZEN SETEC POWER CO., LTD. Vehicle To Home V2H 6kW [online].
[cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://www.setec-power.com/product/vehicle-to-home-v2h-6kw/>
53. SKUPINA ČEZ. C27d + D27d – vaše sazby pro život s elektromobilem [online].
[cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/pro-media/tiskove-zpravy/c27d-d27d-vase-sazby-pro-zivot-s-elektromobilem-47776>
54. KNX. KNX For Professionals – KNX Association Official website [online].
[cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://www.knx.org/knx-en/for-professionals/index.php>
55. ECLIPSE FOUNDATION. Eclipse Mosquitto [online]. [cit. 2023-03-15].
Dostupné z: <https://mosquitto.org/>
56. TECO, a.s. PLC Tecomat Foxtrot [online]. [cit. 2023-03-15].
Dostupné z: <https://www.tecomat.cz/products/cat/cz/plc-tecomat-foxtrot-3/>
57. OPENHAB FOUNDATION E.V. OpenHAB [online]. [cit. 2023-03-15].
Dostupné z: <https://www.openhab.org/>
58. HOME ASSISTANT. Home Assistant [online]. [cit. 2023-03-15].
Dostupné z: <https://www.home-assistant.io/>
59. ELECTRICITY MAPS. Electricity Maps | Live 24/7 CO2 emissions of electricity consumption [online]. [cit. 2023-03-15].
Dostupné z: <https://app.electricitymaps.com/map>
60. FORD MOTOR COMPANY. 2022 Ford F-150 Lightning All-Electric Truck | Pricing, Photos, Specs & More | Ford.com [online]. [cit. 2023-03-15].
Dostupné z: <https://www.ford.com/trucks/f150/f150-lightning/2022/>
61. E.ON. Jak účinné jsou solární panely [online]. [cit. 2023-03-15].
Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/zelena-energie/solarni-energie/jak-ucinne-jsou-solarni-panely/>
62. OBNOVITELNE.CZ. Český objev pomohl zvýšit účinnost solárních panelů. Efektivita naroste na 26 procent [online]. [cit. 2023-03-15].
Dostupné z: <https://www.obnovitelne.cz/clanek/1419/cesky-objev-pomohl-zvysit-ucinnost-solarnich-panelu-efektivita-naroste-na-26-procent>

63. SOLARNINOVINKY.CZ. Šach-mat: Nová grafenová baterie může ohrozit prvenství Tesly na poli elektromobility [online]. [cit. 2023-03-15].
Dostupné z: <https://www.solarninovinky.cz/sach-mat-nova-grafenova-baterie-muze-ohrozit-prvenstvi-tesly-na-poli-elektromobility/>
64. E.ON. Zázrak jménem grafen [online]. [cit. 2023-03-15].
Dostupné z: <https://www.eon.cz/byznys-energie/zazrak-jmenem-grafen/>
65. AZONETWORK. Are Graphene Batteries the Future? [online]. [cit. 2023-03-15].
Dostupné z: <https://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=6233>
66. METALGRASS LTD. Graphene batteries: Introduction and Market News [online]. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://www.graphene-info.com/graphene-batteries>
67. VALE Zita, GOMES Luis, RAMOS Carlos. An overview on smart buildings [online]. 2022 [cit. 2023-03-15].
Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821204-2.00066-0>
68. ZHOU Kaile, YANG Shanlin. 5.11 Smart Energy Management [online]. 2018 [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809597-3.00525-3>
69. SINOPOLI James. Smart Building Systems for Architects, Owners and Builders [online]. 2010 [cit. 2023-03-15]. ISBN 978-1-85617-653-8.
Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/book/9781856176538/smart-building-systems-for-architects-owners-and-builders>
70. HSU Hui-Huang, HSU Ching-Hsien, CHANG Chuan-Yu. Big Data Analytics for Sensor-Network Collected Intelligence [online]. 2017 [cit. 2023-03-15]. ISBN 978-0-12-809393-1.
Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/book/9780128093931/big-data-analytics-for-sensor-network-collected-intelligence>
71. ASDRUBALI Francesco, DESIDERI Umberto. Handbook of Energy Efficiency in Buildings [online]. 2018 [cit. 2023-03-15]. ISBN 978-0-12-812817-6.
Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/book/9780128128176/handbook-of-energy-efficiency-in-buildings>
72. SIEMENS AG. Smart Buildings - Smart infrastructure [online]. [cit. 2023-03-15].
Dostupné z: <https://www.siemens.com/global/en/company/topic-areas/smart-infrastructure/smart-buildings.html>

73. SHRINKTHATFOOTPRINT.COM. How Does The Nissan Leaf Bidirectional Charging Work? [online]. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://shrinkthatfootprint.com/how-does-the-nissan-leaf-bidirectional-charging-work/>
74. SKUPINA ČEZ. Jaká je průměrná spotřeba elektřiny u rodinného domu? [online]. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/clanky/elektrina/jaka-je-prumerna-spotreba-elektriny-u-rodinneho-domu-174046>
75. EUROSTAT STATISTICS EXPLAINED. Electricity production, consumption and market overview [online]. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Electricity_production,_consumption_and_market_overview
76. ČSOB POJIŠŤOVNA. Ceny elektřiny a plynu rostou. Jak snížit spotřebu energií? [online]. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://www.csobpoj.cz/blog/ceny-elektriny-a-plynu-rostou-jak-snizit-spotrebu-energi>
77. E.ON. Jak na výpočet spotřeby elektřiny [online]. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/zelena-energie/ceny-energie/znate-vypocet-spotreby-elektricke-energie/>
78. 100MEGA DISTRIBUTION S.R.O. Kolik vyrobí jeden 300Wp solární panel [online]. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://www.i4wifi.cz/cs/faq/1741-kolik-vyrobi-jeden-300wp-solarni-panel>
79. INMATION SOFTWARE GMBH. Modbus Datasource [online]. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://docs.inmation.com/system/1.88/datasource-interfaces/modbus-datasource/general-information.html>
80. BOSCH REXROTH AG. Cedalo - Eclipse Mosquitto MQTT Broker [online]. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://developer.community.boschrexroth.com/t5/Store-and-How-to/Cedalo-Eclipse-Mosquitto-MQTT-Broker/ba-p/50927>
81. AXWAY. What is an API? [online]. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://blog.axway.com/learning-center/apis/basics/what-is-an-api>

82. HW.CZ. Node-RED = PC aplikace pro JSON ovládání IoT zařízení [online].
[cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/netio-node-red/node-red-pc-software-pro-json-ovladani-iot-zarizeni.html>

8 Seznam použitých obrázků

Obrázek 1 - Graf špiček nekontrolovaného dobíjení, zdroj: autor	15
Obrázek 2 - Graf špiček kontrolovaného dobíjení, zdroj: autor	16
Obrázek 3 - Graf omezení nabíjecího výkonu, zdroj: autor	17
Obrázek 4 - Graf vracení energie z elektromobilu do distribuční sítě, zdroj: autor	18
Obrázek 5 - Graf omezení výkonu nabíjení na dobíjecí stanici pro modelový případ a), zdroj: autor	20
Obrázek 6 - Graf omezení výkonu nabíjení na dobíjecí stanici pro modelový případ b), zdroj: autor	21
Obrázek 7 - Graf omezení výkonu nabíjení na dobíjecí stanici pro modelový případ c), zdroj: autor	22
Obrázek 8 - Graf znázorňující techniku regulace výkonu First come, First server, zdroj: autor	23
Obrázek 9 - Graf znázorňující techniku regulace výkonu Fair share, zdroj: autor	24
Obrázek 10 - Schéma mechanismu agregovaného řízení dobíjení, zdroj: autor	25
Obrázek 11 - Blokové schéma technologie Smart Grid, zdroj: autor	27
Obrázek 12 - Blokové schéma technologie Vehicle to Grid v elektrické distribuční síti, zdroj: autor	28
Obrázek 13 - Blokové schéma technologie Vehicle to Home (V2H), zdroj: autor	30
Obrázek 14 - Blokové schéma zapojení chytré budovy, zdroj: autor	33
Obrázek 15 - Blokové schéma technologie Vehicle to Home v rámci chytré budovy, zdroj: autor	35
Obrázek 16 - Graf průměrné měsíční spotřeby elektřiny rodinného domu v ČR, zdroj: autor	46
Obrázek 17 - Snímek mapy zobrazující stav emisí CO ₂ při výrobě elektrické energie Evropě, zdroj: Electricity Maps [59]	49
Obrázek 18 - Schématická mapa osvětlení České republiky (hodnota ve Watt na m ²), zdroj: i4wifi.cz [78]	51
Obrázek 19 - Graf teoretické měsíční výroby zelené energie za ideálních podmínek, zdroj: autor	52
Obrázek 20 - Schéma komunikace pomocí technologie Modbus, zdroj: inmation Software GmbH [79]	55

Obrázek 21 - Schéma komunikace pomocí MQTT Brokera Eclipse Mosquitto, zdroj: Bosch Rexroth AG [80]	55
Obrázek 22 - Schéma komunikace pomocí technologie API, zdroj: Axway [81].....	56
Obrázek 23 - Snímek uživatelského rozhraní Node-RED, zdroj: HW.cz [82].....	57

9 Seznam použitých tabulek

Tabulka 1 - Porovnání funkcí a vlastností systému Loxone a Domoticz, zdroj: autor.	63
Tabulka 2 - Shrnutí cen systému Loxone a Domoticz v základu, zdroj: autor.....	65
Tabulka 3 - Průměrné náklady vzorového systému fotovoltaiky (Q1/2023), zdroj: autor.....	68
Tabulka 4 - Shrnutí výše dotací Nová zelená úsporám na pořízení fotovoltaiky zdroj: autor.....	70

10 Seznam použitých zkratek

A	značka pro Ampér, jednotka pro měření procházejícího elektrického proudu
AC	zkratka pro střídavý proud (z angl. Alternating Current) v elektrických obvodech
Android	operační systém nejčastěji mobilních telefonů a tabletů vyvíjený společností Google Inc.
API	zkratka pro aplikační programové rozhraní (z angl. Application Programming Interface)
C27d, D27d	označení tarifů elektřiny u distributorů pro tarif s podporou domácího nabíjení elektromobilu
CCS2	označení DC konektoru pro nabíjení elektrického vozidla
CO ₂	chemické označení oxidu uhličitého
DC	zkratka pro stejnosměrný proud (z angl. Direct Current) v elektrických obvodech
DIN	zkratka pro Německý institut pro normy a standardizace (z něm. Deutsches Institut für Normung), nejčastěji spojováno se standardizovanou DIN lištou v rozvaděčích
DPH	zkratka pro daň z přidané hodnoty

DS	zkratka pro dobíjecí stanici
EV	zkratka pro označení vozidla s elektrickým pohonem
FVE	zkratka pro fotovoltaickou elektrárnu
GB	značka Giga Byte, základní jednotka Byte pro objem dat a velikost paměti u výpočetních zařízení
CHAdemo	označení DC konektoru pro nabíjení elektrického vozidla
iOS	operační systém mobilních telefonů a tabletů vyvíjený společností Apple Inc.
IoT	zkratka pro internet věcí (z angl. Internet of Things)
JSON	JavaScript Object Notation – standardizovaný formát pro výměnu dat
KVK, ÚK a MSK	zkratky pro Karlovarský kraj, Ústecký kraj a Moravskoslezský kraj
Master-Slave	označení režimu dvou a více zařízení v režimu: 1 hlavní (Master) a X podřízených (Slave)
MQTT	zkratka pro komunikační protokol Message Queue Telemetry Transport
RAM	zkratka pro označení paměti s náhodným přístupem (z angl. Random Access Memory) u výpočetní techniky
Standalone	označení režimu, kdy je prvek použitý samostatně jako hlavní a centrální prvek, opak Master-Slave
TCP/IP	zkratka pro označení komunikačního protokolu Transmission Control Protocol/Internet Protocol v počítačových sítích
V2A	zkratka pro technologii Vehicle to Anything, neboli označení, že lze předávat energii z elektromobilu do jakéhokoli systému
V2G	zkratka pro technologii Vehicle to Grid neboli označení, kdy lze předávat energii z elektromobilu do distribuční sítě
V2H	zkratka pro technologii Vehicle to Home neboli označení, kdy lze předávat energii z elektromobilu do elektrických rozvodů budovy
V2X	alternativní označení principu Vehicle to Anything (V2A)
W	značka pro Watt, jednotka pro měření výkonu za určitý časový úsek
Wh	značka pro Watthodina, jednotka pro měření spotřeby elektřiny za hodinu
Wp	značka pro Watt-peak, jednotka pro měření špičkového výkonu fotovoltaického panelu