

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

ENERGETICKÝ MANAGEMENT INTELIGENTNÍCH BUDOV S VAZBOU NA OZE

ENERGY MANAGEMENT OF INTELLIGNET BUILDINGS WITH RELATED TO RES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jiří Michálek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Branislav Bátora, Ph. D.

BRNO 2021

Bakalářská práce

bakalářský studijní program **Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika**

Ústav elektroenergetiky

Student: Jiří Michálek

ID: 211119

Ročník: 3

Akademický rok: 2020/21

NÁZEV TÉMATU:

Energetický management inteligentních budov s vazbou na OZE

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Energetický koncept budovy s OZE
2. Řídicí systémy pro řízení energetických toků v budově (BEMS)
3. Návrh a popis algoritmů pro efektivní využití energií
4. Návrh řízení budovy prostřednictvím PLC Foxtronic
5. Ekonomické zhodnocení nasazení BEMS

DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího bakalářské práce

Termín zadání: 8.2.2021

Termín odevzdání: 1.6.2021

Vedoucí práce: Ing. Branislav Bátora, Ph.D.

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.
předseda rady studijního programu

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

Tato práce se zabývá vytvořením virtuální budovy řízené programovatelným automatem Foxtrot, využívající ke svému napájení i obnovitelné zdroje energie a k chodu systém úspory energie v budovách. Práce se skládá ze dvou částí. První část se zaměřuje na teoretický rozbor inteligentních budov a obnovitelných zdrojů. Druhá část je praktická, zabývá se prací s programovatelným automatem Foxtrot, ekonomickou výhodností systému energetické úspory a samotnou realizací virtuální budovy.

Klíčová slova

PLC Foxtrot, Inteligentní domácnost, Obnovitelné zdroje, Systém úspory energie v budovách

Abstract

This thesis deals with modelling of virtual building controlled by PLC Foxtrot and using renewable power sources and building energy management system. The paper is composed from two parts. First part is focused on theoretical analysis of smart buildings and renewable power sources. Second part is practical and it's focused working with PLC Foxtrot, economic benefits of the energy saving systems and on realization of a virtual building.

Keyword

PLC Foxtrot, Smart home, Renewable resources, Building energy management system

Bibliografická citace

MICHÁLEK, Jiří. *Energetický management inteligentních budov s vazbou na OZE* [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-05-30]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/133360>.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav elektroenergetiky. Vedoucí práce Branislav Bátora.

Prohlášení autora o původnosti díla

Jméno a příjmení studenta: *Jiří Michálek*

VUT ID studenta: *211119*

Typ práce: *Bakalářská práce*

Akademický rok: *2020/21*

Téma závěrečné práce: *Energetický management inteligentních budov s vazbou na OZE*

Prohlašuji, že svou závěrečnou práci jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucí/ho závěrečné práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne: 1. června 2021

podpis autora

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Inteligentní domácnost a systém úspory energie v budovách.....	2
2.1	Dělení inteligentních domácností.....	3
2.1.1	Lokální řešení.....	3
2.1.2	Cloudové řešení	4
2.1.3	Hybridní řešení.....	4
2.2	Systém BEMS	4
2.2.1	Základní podmínky	5
2.3	Nejběžnější systémy	6
2.4	Představení základních periférií	7
2.4.1	Kategorizace spotřebičů dle říditelnosti.....	8
2.4.2	Apple HomeKit.....	9
2.4.3	TECO – Foxtrot	10
3	Obnovitelné zdroje a jejich vlastnosti.....	12
3.1	Solární energie.....	12
3.1.1	Termický systém.....	13
3.1.2	Fotovoltaický systém	13
3.1.3	Aplikace solární energie v domácnostech.....	14
3.2	Větrná energie	14
3.2.1	Větrné elektrárny	15
3.2.2	Využití větrné energie v domácnostech.....	15
3.3	Geotermální energie	15
3.3.1	Využití geotermální energie člověkem	16
3.3.2	Geotermální energie v České republice	16
3.3.3	Geotermální energie v domácnostech.....	16
3.4	Vodní energie	16
3.4.1	Vodní elektrárny	17
3.4.2	Využití vodní energie v domácnostech.....	17
3.5	Biomasa.....	17
3.5.1	bioplyn	18
3.5.2	Využití biomasy v domácnostech.....	18
4	Úvod do praktické části	19
5	PLC Foxtrot	20
5.1	Představení systému	20

5.2	Návrh domácnosti se systémem Foxtrot	21
5.2.1	Řídící jednotka	22
5.2.2	Elektroměr	23
5.2.3	Řízení ohřevu teplé vody	23
5.2.4	Řízení žaluzií	23
5.2.5	Vypínače a měření teploty v místnosti	23
5.2.6	Snímání pohybu osob	24
5.2.7	Řízení osvětlení, zásuvek a ventilátoru	24
5.2.8	Řízení elektrického podlahového vytápění	24
5.2.9	Ovládání uzávěru vody a senzory zaplavení	25
5.2.10	Solární panely, baterie a jejich řízení	25
5.3	Srovnání se současnou elektroinstalací	28
6	Programování v prostředí Mosaic	33
6.1	Programování dle IEC 61 131	33
6.2	Návrh algoritmů	35
6.2.1	Řízení osvětlení	35
6.2.2	Ovládání rolet	36
6.2.3	Termostaty a řízení vytápění, bojleru a klimatizace	37
6.2.4	Řízení hlavního uzávěru vody	38
6.2.5	Management baterií a solárních panelů	39
6.2.6	Snímání přítomnosti osob v budově	40
6.2.7	Energetický management budovy	41
6.3	Ukázky konkrétních aplikací algoritmů v simulovaném PLC	44
7	Ekonomická a energetická bilance	48
7.1	Energetické srovnání domácností	50
7.1.1	Současný stav	51
7.1.2	Nové řešení	51
7.2	Finanční srovnání	54
7.2.1	Výše investice do stávajícího systému	54
7.2.2	Výše investice do systému s PLC Foxtrot	54
7.2.3	Cena solárního systému a dotace Nová zelená úsporám	54
7.2.4	Roční finanční bilance systémů a návratnost investice	55
8	Závěr a zhodnocení práce	58
9	Použité zdroje	59
10	Seznam příloh	66

Seznam jednotek a zkratek

zkratka	anglický význam	český význam
DPH.....	.....	daň z přidané hodnoty
CIB.....	Common Installation Bus.....	specializovaná sběrnice
XOR....	Exclusive OR.....	exkluzivní disjunkce
R_trig...	Rising edge detector.....	Snímač náběžné hrany
SEL.....	Selection.....	Výběr vstupů
RS.....	.....	RS klopný obvod
TP.....	.....	časovač
HDO....	.....	hromadné dálkové ovládání
DI.....	digital input.....	digitální vstup
DO.....	digital output.....	digitální výstup
AI.....	analog input.....	analogový vstup
AO.....	analog output.....	analogový výstup
BPO.....	.....	bioplynová stanice
ČOV....	.....	čistička odpadních vod
TKO....	.....	tuhý komunální odpad
USB....	universal serial bus.....	univerzální sériová sběrnice
TCL2..	.....	Systémová komunikační sběrnice
I/O.....	input/output.....	vstup/výstup
PLC....	programmable logic controller.....	Programovatelný logický automat
OZE.....	.....	Obnovitelné zdroje energie
BEMS...	building energy management system..	Systém řízení energií v domě
HW.....	Hardware.....	Fyzická část výpočetního zařízení
SW.....	Software.....	Program či virtuální část zařízení
kWh....	.....	kiloWatt hodina
EU.....	Europe union.....	Evropská unie
ČR.....	.....	Česká republika
LED....	Light-Emmitting diode.....	elektroluminiscenční dioda
AC.....	Alternating Current.....	Střídavý proud
DC.....	Direct Current.....	Stejnoseměrný proud
BMS....	battery manager system.....	Systém správy baterií
pH.....	.....	potenciál vodíku
W.....	.....	Watt
Wp.....	.....	Watt-peak
°C.....	.....	stupeň celsia
Wh.....	.....	Watt hodina

zkratka	popis	jednotka
$\dot{U}_{s,10}$	úspora za 10 let	Kč
Inv_{nav}	investice navíc	Kč
PI	doba pokrytí investice	roky
\dot{U}_r	roční úspora	Kč
RV_{ref}	roční vyúčtování referenčního stavu	Kč
RV_{nov}	roční vyúčtování nového stavu	Kč
RV	roční vyúčtování	Kč
EP	cena za prodej elektřiny	Kč
$P_{v,nadbytek}$	nadbytečný vyrobený výkon	kWh
VC	výkupní cena energii	Kč/kWh
n_{hNT}	počet spotřebovaných kWh v nízkém tarifu	kWh
n_{hVT}	počet spotřebovaných kWh ve vysokém tarifu	kWh
VT	cena vysokého tarifu	Kč/kWh
NT	cena nízkého tarifu	Kč/kWh
EN	cena za nákup elektřiny	Kč
IN	náklady na investici	Kč
n_{ks}	počet kusů jednotlivých výrobků	ks
CP	cena produktů	Kč
P_{vyr}	výkon vyrobený v měsíci	Wh
$n_{sl.dnů}$	počet slunečních dnů v měsíci	dny
n_{panel}	počet panelů	ks
P_{mnn}	špičkový dodávaný výkon	Wp
E	spotřebovaná elektrická energie	Wh
P_0	Příkon	W
t	počet aktivních hodin	h
P_{bat}	udávaný výkon baterie	Wh
$P_{v,den}$	průměrný výkon za den	Wh
P_{in}	instalovaný výkon	W
P_{mpp}	špičkový dodávaný výkon solárním panel	Wp
t_{den}	průměrný počet slunečních hodin	h

Seznam obrázků

Obrázek 2-1 - Jednoduchý ilustrační návrh inteligentní domácnosti [56].....	2
Obrázek 2-2 - Náčrt chytré domácnosti se systémem úspory energie [57]	5
Obrázek 2-3 - Ukázka ovládacího prostředí Apple HomeKit a řídicích jednotek [58]	10
Obrázek 2-4 - Ilustrační aplikace TECO Foxtrot spolu se systémem Control4 [59].....	11
Obrázek 3-1 - Podíl instalovaného výkonu elektrické soustavy ČR 4. čtvrtletí 2020 [63]	12
Obrázek 3-2 - Ukázka instalace fotovoltaických panelů na střeše domu [60].....	13
Obrázek 3-3 - Ukázka větrného parku [61]	14
Obrázek 4-1- Půdorys domu	19
Obrázek 5-1 - Strukturální schéma zapojení domácnosti [22].....	21
Obrázek 5-2 - Blokové schéma spojení Smart house a Smart grid [64].....	22
Obrázek 5-3 - Ukázka řídicího modulu CP-1091 [22].....	22
Obrázek 5-4 - Rozložení zón podlahového vytápění.....	25
Obrázek 5-5 - Rozložení skutečné elektroinstalace	28
Obrázek 6-1 - Ukázka hlavního ovládacího rozhraní jazyka CFC v SW Mosaic	34
Obrázek 6-2 - Ukázka Editoru bloků v SW Mosaic	34
Obrázek 6-3 - Představení práce v jazyku CFC v SW Mosaic	35
Obrázek 6-4 - Algoritmus logiky řízení osvětlení, nebo dvoustavového spínání.....	35
Obrázek 6-5 - Algoritmus ovládání rolet	36
Obrázek 6-6 - Algoritmus řízení termostatu	37
Obrázek 6-7 - Algoritmus řízení uzávěru vody	38
Obrázek 6-8 - Algoritmus řízení BMS.....	39
Obrázek 6-9 - Algoritmus vyhodnocení stavu baterie	40
Obrázek 6-10 - Algoritmus načítání dat z modulu Solar Monitor	40
Obrázek 6-11 - Algoritmus obecné logiky stavů energetického managementu	42
Obrázek 6-12 - Algoritmus stavu Nadbytek 2. stupeň.....	44
Obrázek 6-13 - Vnitřní logika bloku ovládání světla.....	45
Obrázek 6-14 - Řízení světla v hlavním programu	45
Obrázek 6-15 - Zapojení bloku topení v hlavním programu	45
Obrázek 6-16 - Vnitřní zapojení termostatu topení	46
Obrázek 6-17 - Ukázka z energetického managementu, stav nadbytku 2. stupně.....	46
Obrázek 6-18 - Ukázka z prostředí WebMaker, ovládání světel	47
Obrázek 6-19 - Ukázka z prostředí WebMaker, ukázka energetického managementu.....	47
Obrázek 7-1 - Graf měsíční bilance energií	53

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Přehled skutečné elektroinstalace – seznam spotřebičů	29
Tabulka 2 - Přehled nezměněných spotřebičů – seznam spotřebičů.....	30
Tabulka 3 - Moduly z katalogu společnosti TECO – seznam spotřebičů.....	31
Tabulka 4 - Nové spotřebiče, senzory a aktory dalších výrobců – seznam spotřebičů	31
Tabulka 5 - Přehledová tabulka stavů a podmínek - energetický management.....	43
Tabulka 6 - Neměnné spotřebiče – finance a energie	48
Tabulka 7 - Spotřebiče Apple Homekit – finance a energie	49
Tabulka 8 - Položky z katalogu TECO – finance a energie.....	49
Tabulka 9 - Solární systém – finance a energie	50
Tabulka 10 - Ostatní spotřebiče – finance energie.....	50
Tabulka 11 - Odhadovaná měsíční energetická bilance nové elektroinstalace.....	52
Tabulka 12 - Porovnání odhadovaných ročních vyúčtování.....	55
Tabulka 13 - Finální finanční srovnání projektů.....	56

1 Úvod

Energetická náročnost budov v posledních letech výrazně vzrůstá. To má svůj ekonomický i ekologický dopad. Rostoucí poptávka v každé domácnosti vede k většímu vytížení celé energetické sítě. Přičemž mnoho energie se maří zcela zbytečně. Mnohdy uživatel nechává například rozsvíceno v místech, kde se ani nenachází, či vytápění domácnosti je nastaveno nad nezbytnou úroveň v celé budově. Takovéto zbytečné maření energie však musí být pokryto a mnohdy to vede ke zbytečnému vyššímu využívání neobnovitelných zdrojů. Ty mají neblahý dopad na naše okolí. A rostou i finanční náklady domácnosti.

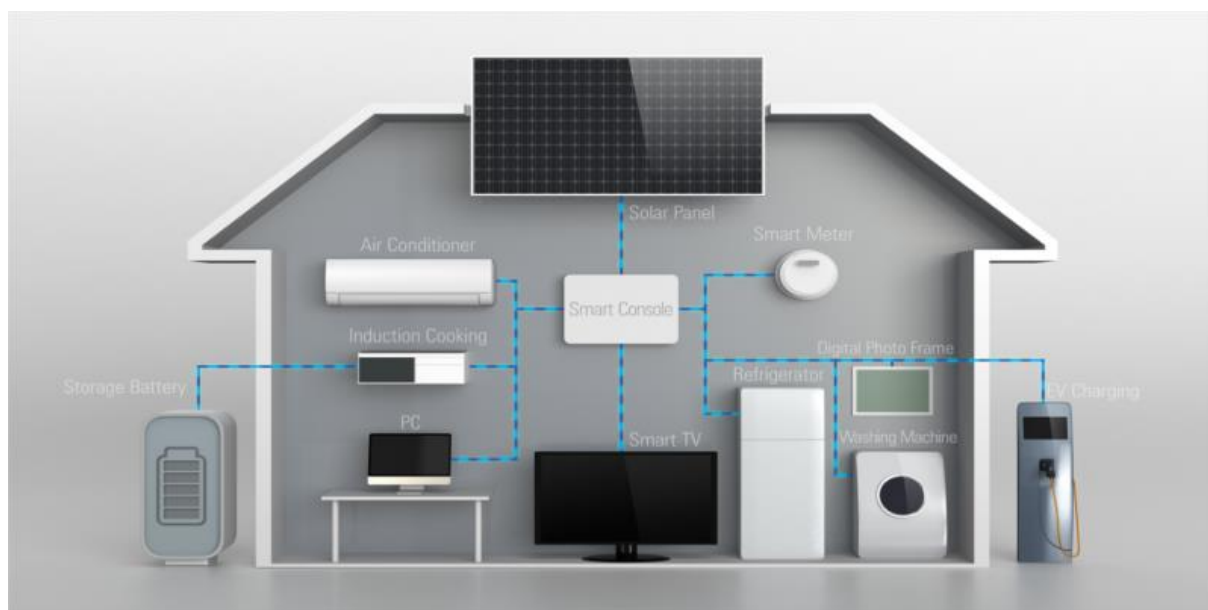
S touto situací může pomoci systém úspory energie v budovách, nebo-li BEMS. Systém je řízený programovatelným logickým automatem, díky sensorům má přehled nad celou budovou a na základě algoritmů může vyhodnocovat, kdy je vhodné větrat či vytápět, zda-li se někde nesvítilo zbytečně či jestli někdo nezapomněl zavřít okno. V některých případech má systém kontrolu i nad zabezpečovacími a požárními systémy nebo spotřebou plynu a vody.

Za předpokladu, že řídicí systém energií v domě podpoříme ještě částečnou soběstačností z obnovitelných zdrojů, získáváme tím energeticky úspornou budovu, která je schopná v dlouhodobém horizontu naší prvotní investici vrátit. Další nespornou výhodou aplikace obnovitelných zdrojů je částečná nebo dokonce úplná soběstačnost na energetické síti. To nám může zajistit chod některých systémů i v případě výpadku dodávky energie.

V práci se budeme zabývat systémy inteligentních domácností a možnou implementací BEMS do nich. Dále obnovitelnými zdroji, u kterých rozebereme jejich aplikovatelnost do domácností. Rozebereme si samotné základy práce s PLC Foxtrot, v praktické části vytvoříme simulaci domácnosti využívající BEMS a některý z obnovitelných zdrojů. Tento projekt si také ekonomicky zhodnotíme.

2 Inteligentní domácnost a systém úspory energie v budovách

Jako inteligentní dům lze označit takovou stavbu, která je upravena a vybavena určitým řídicím systémem pro optimalizaci komfortu, bezpečnosti, snížení životních nákladů osob v něm pobývajících. Dle definice ministerstva průmyslu a obchodu ve Velké Británii z roku 2003 se jedná o budovu, jež má komunikační síť, která propojuje klíčové elektrické spotřebiče a služby a umožňuje jejich dálkovou kontrolu, monitorování či přístup. [1] [2]



Obrázek 2-1 - Jednoduchý ilustrační návrh inteligentní domácnosti [56]

Jako hlubší smysl pořízení chytrých domácností můžeme vidět pět základních motivací. Jimi jsou bezpečí, pohodlí, úspory, ekologie a zábava. Pod pojmem bezpečí si můžeme představit alarm, kamerový systém či různá kontrolní čidla, která nám dávají okamžitý přehled a při neobvyklé situaci nám může ihned zaslat informaci formou SMS či notifikací do aplikace v našem smartphonu. Za tuto kategorii jde však i zařadit automatizace úkonů jako je zabezpečení domu při odchodu poslední osoby či zatažení žaluzií. Pod pohodlím je motivace snadné kontroly všech systémů a stejně jednoduchého ovládání. To lze například prostřednictvím již zmíněného smartphonu, nebo ovládacího panelu v domě. Mezi pohodlím se řadí i takzvané scény. Jedná se o vykonání několika akcí jediným inicializačním pokynem. Pod tím si můžeme představit třeba spuštění předvolené scény. Tímto pokynem nám řídicí systém v obývacím pokoji zatahne žaluzie, ztlumí osvětlení, zapne televizi a nastaví ozvučení audiosystémem. K termínu úspory můžeme přiřadit i níže zmíněný systém BEMS, z toho důvodu se na tuto kategorii zaměříme později. Zkráceně se však jedná o motivaci snížení dlouhodobých výdajů díky automatickému zhasínání světel, regulaci teploty a podobně. V motivaci ekologie je užívání alternativních zdrojů, jejich efektivní řízení a kombinování s nízkoenergetickými a pasivními stavbami. A k dalšímu vedlejšímu zvýšení míry komfortu lze vyjmenovat body jako pokrytí internetem napříč celým domem i zahradou, a tedy i snadný přístup k vnitřním i vnějším databázím her, filmů, či hudby. Při přehrávání hudby lze snadno přepínat mezi audio výstupy podle místa, kde se uživatel nachází. [5]

Velkou výhodou inteligentní domácnosti je její modulárnost. Pokud vám staré rozložení již nevyhovuje, nebo jste se rozhodli dokoupit nové zařízení, tak bez větších obtíží jej lze zařadit do stávajícího systému. Náročnost toho úkonu se odvíjí od konkrétního typu systému, který je do domácnosti nainstalován. [3]

System úspory energie v inteligentních budovách, označovaný anglickou zkratkou BEMS, je podsystém chytrých domácností. Zaměřuje se přímo na řízení správy energií za účelem jejich úspory a efektivnějšího využití. Kontrolu může mít nad energií elektrickou, tepelnou, ale i spotřebou plynu či vody. Tato kontrola se projevuje sbíráním dat z různých snímačů natočení, teploměrů či průtokových členů, které pak vyhodnotí a na základě toho spustí adekvátní reakci. Příkladem nám může být vysoká teplota v místnosti změřená digitálním teploměrem, který vyšle signál do řídicí jednotky. Ta dá iniciační pokyn ventilaci, která se spustí a přivede do místnosti chladnější vzduch z venku. Důležité je si uvědomit, že chytrá domácnost ve své základní podstatě nezbytně nemusí spořit energii, BEMS však ano. [4]

2.1 Dělení inteligentních domácností

Chytré domácnosti jde dělit na základě více parametrů. Jejich základním smyslem je v podstatě řízený přenos informací mezi senzory a zařízeními, které jsou posléze vyhodnocovány a dávají podnět k dalším činnostem. Způsob komunikace mezi jednotlivými členy systému je velmi zásadní. Konkrétní forma řízení může mít dopad na fungování celého systému i na jeho spolehlivost. Základními třemi možnostmi jsou lokální, cloudové a hybridní řešení. [6]

2.1.1 Lokální řešení

Pro fungování tohoto typu není nutný žádný vnější zásah. Připojení internetu není podmíněné, ale může být použito například pro vzdálené ovládání. Při jeho výpadku však nedojde ke ztrátě většiny funkcí. K vyhodnocování dat dochází výhradně lokálně a od toho se odvíjí jeho označení. Můžeme ho rozdělit na tři podskupiny: hvězdicový, sběrníkový a hybridní systém.

Hvězdicový systém si můžeme připodobnit ke klasické elektroinstalaci, neboť tu máme rozvaděč s řídicí jednotkou, od které vedou komunikační kanály k jednotlivým přístrojům a perifériím. Má však dvě zásadní nevýhody. První je jeho náročnost na kabeláž, neboť každý přístroj potřebuje svůj napájecí vodič a svůj kanál pro komunikaci s řízením. Proto je tento systém doporučeno aplikovat do domácností s maximální plochou 600 m². A druhou nevýhodou je v případě selhání řídicí jednotky ztráta funkce celé chytré domácnosti. To však není u profesionálních řešení nijak běžné. Musíme počítat se zásadnějšími stavebními úpravami pro realizaci toho řešení než u jiných systémů.

Sběrníkový systém má svým srdcem jeden hlavní vodič nebo-li takzvanou sběrnici. Ta prochází všemi hlavními jednotkami celého řešení a prochází skrz ni celá komunikace. V jeden okamžik může sběrnici komunikovat jen jedno zařízení, ale to není nijak zásadní problém. Vyslání a doručení zprávy zabere přibližně jen 25 ms. Samozřejmě vše je ovlivněno délkou sběrnice, ale tok informací je velice rychlý. Zásadní výhodou může být skutečnost, že při selhání jednoho zařízení nemusí dojít k pádu celé sítě, protože každý přístroj má svou vlastní řídicí jednotku, jež ovládá příslušné periferie. Sběrnice má také své limity na množství zařízení, která může propojovat, a to se odvíjí od jednotlivých výrobců.

Hybridní systém je kombinací sběrnice a hvězdicového řešení. Na hlavní rozvaděč pak bývají napojeny silové trasy jako osvětlení či pohony a prostřednictvím sběrnice komunikují ovládací prvky. Může to vyřešit mnoho nevýhod již výše zmíněných řešení, ale může s tím také vzrůst i náročnost a cena projektu. Nejvhodnější řešení se vždy odvíjí od konkrétní situace a jednotlivých požadavků. [5] [6]

2.1.2 Cloudové řešení

Toto řešení inteligentní domácnosti je ze své podstaty vázáno na dostatečně rychlý a stabilní internet, prostřednictvím něj dochází ke komunikaci mezi všemi zařízeními v domácnosti a vzdáleným serverem, tedy takzvaným cloudem. Ke všem výpočtům a vyhodnocení dat nedochází v domácnosti, ale na vzdáleném serveru, který pak posílá zpět příkazy akčním členům.

Nezpochybnitelnými výhodami jsou jednoduchost, modulárnost a uživatelská otevřenost. Tvorbu tohoto řešení zvládne jakýkoliv uživatel počítače či smartphonu a na trhu je obrovské množství výrobců a konkrétních zařízení pro nejrůznější situace. Příklady těchto služeb mohou být řešení společností jako Apple, Google, Xiaomi, Amazon, Microsoft, IBM či Samsung. Některé cílí spíše na firemní instalace a jiné na domácnosti. Všechny však spojuje skutečnost, že stačí provést registraci k jejich službě a poté jen vytvářet jednotlivé místnosti do kterých stačí přiřadit konkrétní kompatibilní HW a jeho přednastavené funkce. Správu poté uživatel provádí z aplikace či webového prohlížeče. Nejsou tedy nezbytné žádné hluboké znalosti. Největší nevýhodou však zůstává závislost na internetu a službě některé ze společností. Nutné je poznamenat, že i u těchto výše vyjmenovaných systémů často bývá nějaká forma řídicí jednotky i v domácnosti, ztráta internetu však znamená zásadní omezení funkcí. Ve výsledku tedy spadají spíše do následující skupiny. Není to však podmínkou u všech aplikací. [6] [7]

2.1.3 Hybridní řešení

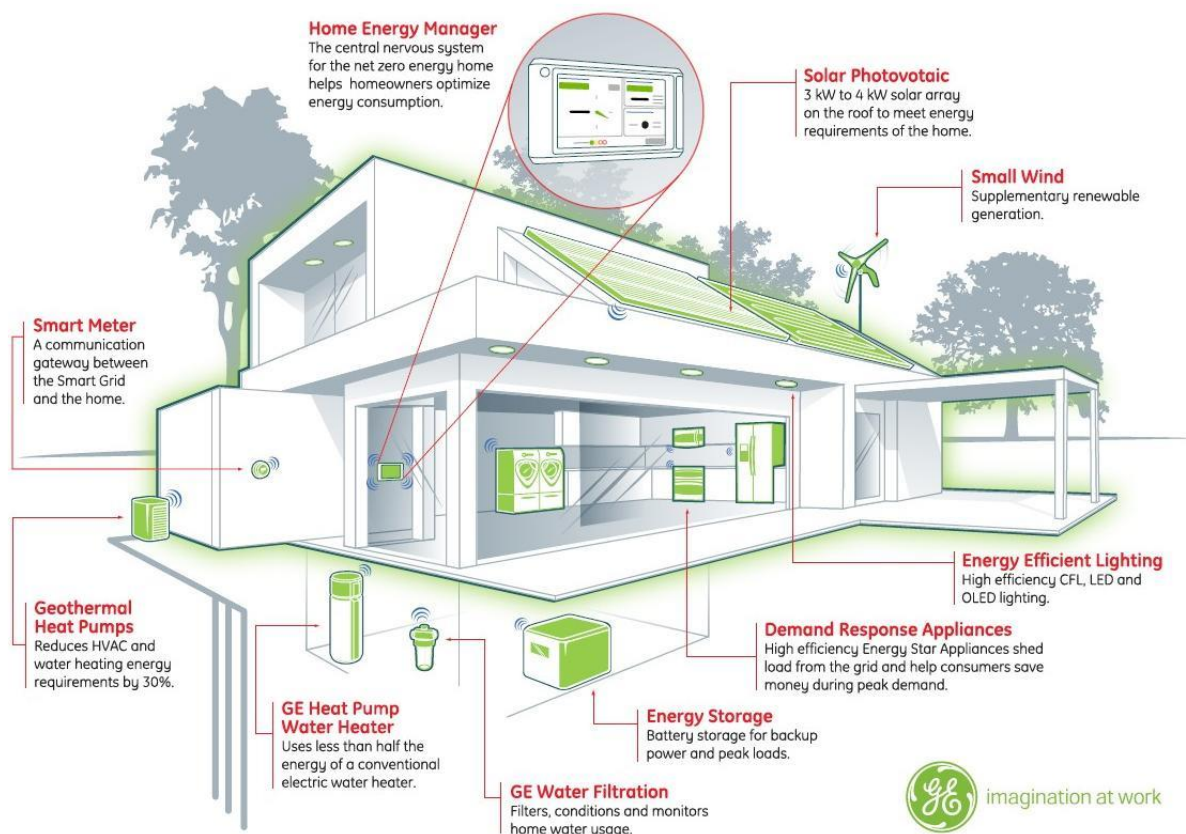
Toto provedení kombinuje cloudovou i lokální formu. Je zde tedy nějaká řídicí jednotka, sběrnice či jejich kombinace, které komunikují se vstupními i výstupními periferiemi a jsou napojeny na cloud, který pomáhá s vyhodnocováním dat či přináší další informace. Ztráta internetového připojení však okamžitě neznamená ztrátu inteligentní domácnosti, jen některých jejích funkcí. [6]

2.2 Systém BEMS

Systém úspory energie se zaměřuje na úsporu financí prostřednictvím úsporné správy energií v domácnosti. Snižuje se tím plýtvání při svícení, ohřívání, nebo třeba také ochlazování. Jedním z benefitů může být pravidelné větrání a cirkulace vzduchu, což zabraňuje hromadění CO₂ v obývaných místnostech. Pro naši aplikaci je však zásadní v kombinaci s obnovitelnými zdroji, neboť tento systém se může i starat o řízené spouštění některých spotřebičů. Příkladem nám může být pračka. Mimo výjimečné situace nám nezáleží na tom, v jaký čas přesně vypere. My můžeme počkat do chvíle, kdy budeme mít dostatečný nadbytek energie z našich vlastních zdrojů a spustíme ji až v tento okamžik. [4] [8]

Některé pokročilejší systémy mohou spolupracovat i s informacemi o krátkodobé a dlouhodobé předpovědi počasí. Na jejichž základě se dokážou včas připravit. Vše zůstává vázáno na uživatele systému tak, aby nebyl narušen jeho komfort. Pro představu úspora energie se správně používaným řízením dosahuje většinou hodnot 10–20 %, což z dlouhodobého hlediska může být znatelný rozdíl. Správné navržení systému úspory je velice zásadní, neboť úsporný a výhodný systém může snadno přejít ve ztrátový a nákladný projekt. Nutné je tedy klást důraz

na kvalitní projektové plánování, dokumentaci a přívětivé uživatelské prostředí, které bude intuitivní. BEMS je však ideální spíše pro velké komplexy, kde se úspora více projeví. Míru úspory ještě ovlivní i používání již zmíněných obnovitelných zdrojů. Ty nám neovlivní energetickou, ale ekonomickou úsporu. A to nám zrychlí návratnost vstupní investice. [8]



Obrázek 2-2 - Náčrt chytré domácnosti se systémem úspory energie [57]

2.2.1 Základní podmínky

Za předpokladu, že chceme předělat již postavený dům do standardu BEMS, je nutné nejdříve splnit několik podmínek. Jako základní můžeme považovat topení rozdělené na zóny, ventilaci a ovladatelný systém osvětlení rozdělený na místnosti. V případě, že tyto podmínky budova splňuje, je vhodná k instalaci základní podoby systému úspory energie. Mezi základní funkce systému úspory energie se řadí:

- Kontrola zlepšování podmínek v budově (jako teplota a kvalita vzduchu)
- Úspora spotřeby energie a výdajů za ni
- Možnost dlouhodobého vyhodnocování toků energií v domácnosti
- Kontrola stavu zařízení (jako zapnuto, vypnuto, porucha)
- Informování uživatele v případě poruchy
- Informování o nutnosti údržby (například kontrola filtrů, či upozornění na určité množství hodin provozu motoru)
- Modulárnost celého systému

[8]

2.3 Nejběžnější systémy

Zde se zmíníme o některých běžnějších systémech pro chytré domácnosti. Na trhu se jich však nabízí větší množství, proto uvedeme jen některé. V základu je možné je rozdělit na dvě skupiny: otevřené a uzavřené. Za otevřený systém lze označit třeba PLC programovaná dle normy IEC 61 131, kdy více výrobců vyrábí pod stejným standardem a jednotlivé produkty jsou mezi různými značkami kompatibilní. Bývají však komplexnější a tedy náročnější na návrh. Nejsme ovšem limitováni produkty jen jedné firmy. Uzavřený systém bývá založený na produktech jen jednoho výrobce. Aplikace systému je tedy snazší a jednotlivá propojení bývají odzkoušeny přímo výrobcem. Ovšem není zde jistota až tak široké nabídky produktů či různých modulů. Některé uzavřené systémy jsou i uživatelsky přívětivé a lze provádět zásahy do samotného rozvržení systému bez asistence projektanta. Toho je dosaženo díky přímé kompatibilitě jednotlivých produktů. Jednotky se zvládnou samy provázat a uživatel si jen nastaví žádané funkce v aplikaci, či uživatelsky přívětivém prostředí. Není to ovšem pravidlem a některé tyto funkce můžeme nalézt i v některých otevřených systémech. Zde je třeba mít se na pozoru! Zásahy do elektroinstalace je nezbytné provádět pouze s platnou vyhláškou č. 50/1978 a odpovídajícím paragrafem!

- **TECO Foxtrot** – Jedná se o systém Inteligentního ovládání domácí automatizace. Vychází z normy IEC/EN 61131 a je vhodný pro malé a střední aplikace. Jeho umístění je určeno na DIN lištu do rozvaděče. Je kompatibilní se širokým portfoliem příslušenství pracujícího dle této normy. Příkladem mohou být produkty firem jako je ABB, GIRA či LOGUS. To umožňuje velmi rozmanité možnosti aplikací, které jsou omezeny jen schopnostmi programátora a finančním rozpočtem. Jedná se však o jeden z cenově dostupných systémů. K práci vhodné pro znalé osoby a odborníky.[9]
- **EATON xComfort** – Jde o komplexní systém s širokou základnou použitelného příslušenství pro kompletní tvorbu chytrého bydlení. Je to však uzavřený systém, kompatibilní jen s produkty společnosti EATON a s nimi přímo spolupracující. Je však velice komplexní a pro jeho aplikaci je vhodné najmout odborníka. Jeho programování a nastavování se zakládá na úrovni elektroinstalace a další upřesnění je až v rámci řídicí jednotky či aplikace. Komunikace mezi řídicími jednotkami jednotlivých zařízení probíhá po místní síti, a to po kabelu i bezdrátově. S uživatelem je komunikováno prostřednictvím aplikace v mobilním telefonu nebo tabletu. [10]
- **LOXONE** – V základu to je uzavřený systém vycházející z funkcí systému KNX, má tedy plnohodnotné možnosti programování. Je zde funkce automatického programování, která generuje základní podoby možných aplikací. Historicky komunikace probíhala přes vodiče a bylo tedy nutné tomu přizpůsobit elektroinstalaci celého domu. Nové verze systému ovšem podporují i výhradně bezdrátovou komunikaci. Stačí tedy po budově rozmístit jednotlivé moduly, zajistit jejich komunikaci a poté lze vše snadno nastavit. Instalaci ovšem provádí odborník,

nikoliv uživatel. Portfolio produktů společnosti LOXONE je velice široké a hodí se od zabezpečení až po implementaci systému BEMS a obnovitelných zdrojů. [12]

- Siemens Home Connect – Toto je systém propojující produkty společnosti Siemens spadající do kategorie Siemens Home. Jedná se o velmi širokou nabídku bílé elektroniky. Vše je řízeno z aplikace Home Connect, která funguje na chytrých telefonech s operačním systémem iOS a Android. Jedná se o typický příklad uzavřeného cloudového systému. [11]
- Apple HomeKit – Je jedním z nejběžnějších systémů inteligentní domácnosti. Při splnění určitých podmínek může pod touto licencí prodávat jakýkoliv výrobce své příslušenství. Jde však většinou o příslušenství, které není zásadně závislé na stávající elektroinstalaci, jen se zapojuje do napájení. Velká výhoda je, že toto lze instalovat v zásadě do jakéhokoliv již stojícího domu a velkou většinu úkonů zvládne trochu zručný uživatel. Komunikace probíhá prostřednictvím vnitřní sítě, majoritně bezdrátově a řídicí jednotku zastupuje nějaké zařízení Apple. Postačujícím může být chytrý reproduktor Homepod či Apple TV. Bez tohoto řídicího přístroje by jednotlivá zařízení fungovala, ale jen v omezené míře. Komunikace s uživateli probíhá prostřednictvím aplikace nebo osobní asistentky Siri. Význam Apple HomeKit je usnadnění uživatelům řízení domácnosti od více výrobců z pohodlí jediné aplikace. [13]
- Google Home – Jedná se o rozšíření služby osobního asistenta. Je zde umožněno ovládání jednotlivých přístrojů v rámci domácnosti, které spolupracují s Googlem. Lze je vzdáleně kontrolovat a ovládat přes Hub, zařízení Android či hlasovým příkazem daným přímo asistentovi. Většina úkonů je však vyhodnocována přes cloud či ovládajícím zařízením. Výhoda a současně nevýhoda tohoto řešení je jeho otevřenost. Aplikace řešení je velice uživatelsky přívětivá a nepotřebuje žádnou hlubší znalost. [14]
- Xiaomi MI Home – Jádrem produktu je aplikace v mobilním zařízení. Ta dává pokyny všem zařízením od výrobce Xiaomi, která si do ní uživatel přidá. Uvnitř ní si může funkce i slučovat pod jednotné příkazy či dělit podle umístění. K řízení pak dochází prostřednictvím internetu či sítě. Každé zařízení pak má svou vlastní řídicí jednotku. Jedná se o velmi uživatelsky přívětivé řešení, protože pro většinu realizací není nutný žádný odborník. Pod touto značkou pak můžeme nalézt nejrůznější kuchyňské spotřebiče, multimediální zařízení, senzory, routery, čističe vzduchu, osvětlení či robotické vysavače a mnoho dalších. [15]

2.4 Představení základních periferií

Systémů inteligentních domácností je nepřehledné množství, při nákupu jakéhokoliv příslušenství je však nutné dát pozor na kompatibilitu s plánovaným systémem. V první části zde budou rozebrány říditelné spotřebiče v domácnosti a případné nastínění úrovně jejich nezbytnosti pro chod domácnosti. Dále pro možnost lepší přehlednosti rozebereme dva systémy, které mají mírně rozdílné přístupy. Prvním bude systém Apple HomeKit. Jedná se

o uživatelsky přívětivý systém. Uživatel zde může snadno spravovat využívaná zařízení. Musí však být pod standardem společnosti Apple a změny může provádět jen na uživatelské úrovni. S instalací většiny zařízení si poradí sám uživatel. V kontrastu s tím je možné uvést systém společnosti TECO zakládající se na PLC Foxtrot. Pro provádění změn je nutné, aby uživatel měl jisté znalosti, nebo aby si objednal odborníka. Systém však nabízí výrazně vyšší úroveň variability, která se otevírá se znalostmi a jistou kreativitou.

2.4.1 Kategorizace spotřebičů dle říditelnosti

Teoreticky všechny spotřebiče lze řídit automaticky, problém však může nastat v případě, je-li to v rozporu s jejich přímou funkcí. Můžeme je tedy rozdělit do čtyř základních skupin: přímo říditelné, nepřímo říditelné, striktně neříditelné a obvykle neříditelné. Tyto skupiny budou rozebrány a budou zde uvedeny základní příklady. Data v této části vychází ze zdroje [16].

- **Přímo říditelné** – Jsou to spotřebiče, jež nejsou závislé na ovládní zákazníkem a nepotřebují nepřetržitý a striktně pravidelný chod. Příkladem může být boiler. Ten běží nezávisle na přímém řízení zákazníkem a pokud je dostatečně velký, tak má v sobě natolik velký objem a dostatek tepelné kapacity, že jej lze napájet až ve chvílích úsporného tarifu či nadbytku energie z obnovitelných zdrojů. Samozřejmě mimo předem definované situace, kdy by hladina nebo teplota klesla pod přípustnou mez.
- **Nepřímo říditelné** – Jde o zařízení, kde nebývá nezbytně okamžitá reakce. Zákazník se však může rozhodnout, zdali přenechá řízení či nikoliv. Za příklad můžeme vzít myčku na nádobí. Pokud máme velké množství špinavého nádobí a nevejde se nám to do jednoho cyklu, pravděpodobně spustíme okamžité mytí. Pokud však nádobí není tolik a nespěcháme na něj, lze dát pokyn k mytí až ve chvíli úsporného tarifu nebo nadbytku energie z vlastní produkce.
- **Striktně neříditelné** – Pod touto kategorií jsou spotřebiče, kde je řízení zcela vyloučeno. Ať už z důvodů přímé závislosti na uživateli, jako může být sporák, tak i osvětlení, které můžeme řídit automaticky. Řízení je ale přímo závislé na aktivitách a pohybu uživatele, nikoliv na aktuální vlastní produkci energie nebo ceně tarifu. Pečení v troubě tedy nemůžeme přerušit jen proto, že solární panel nám aktuálně produkuje méně energie, nebo ze stejného důvodu nemůžeme zhasnout lampičku, pod kterou si zákazník čte. K některým z těchto konvenčních neříditelných spotřebičů ovšem existují říditelné ekvivalenty. Mírně změnit chod a obsluhu spotřebiče, ale výstup je srovnatelný.
- **Obvykle neříditelné** – Jedná se o spotřebiče, které fungují automaticky a v běžných situacích nepodléhají energetickému omezení. Řízení je u nich spojeno se ztrátou komfortu. Dochází k němu tedy v okamžicích krizových situací. Za příklad můžeme mít mrazák. Ten za normálních okolností má dostatečně velkou tepelnou kapacitu na to, aby při výpadku proudu nemusel být několik hodin napájen. Musí tu však být nějaký ochranný prvek, který včas dá pokyn ke zvýšení jeho priority, aby ve chvíli, kdy dojde k nárůstu nad určitou hodnotu teploty opět sepnul.

Rozdělení spotřebičů a nastavení jejich priorit při plánování domu je vhodné domluvit se zákazníkem a definovat vše dopředu. Proto je důležité znát rozložení základních spotřebičů již při projektování domu a zajistit jejich kompatibilitu se systémem. Je to více pracné, ale odměnou je úspora financí a energie. To vede k rychlejší návratnosti investice. Druhou výhodou je v případě krizové situace, kterou může být například výpadek dodávky energie, že uživatel při využití i obnovitelných zdrojů nemusí ztratit všechny funkce domácnosti. Nemusí mu například fungovat boiler či televize, ale pokud má instalovaný akumulací člen, tak si například rozsvítí, dobije přes noc telefon, nebo mu nepřestane fungovat bezpečnostní alarm. Potřeby zákazníků se liší a takové funkce nalezneme spíše u systémů dražších a více propracovaných.

Pro přehled dle dat EGÚ Brno a.s., na základě studie z roku 2012, se v domácnostech nachází přibližně 20,9 % říditelných, 9,6 % neříditelných spotřebičů a ostatních je přibližně 69,5 %. Dle sekcí však průměrná spotřeba elektrické energie v domácnost činí 51,8 % v kuchyni, 13,3 % spotřebuje na ošetření prádla, 0,7 % pro přitápění a klimatizaci a 34,3 % na provoz elektroniky a ostatního. Dá se však předpokládat, že za posledních 9 let se tyto poměry částečně změnily, neboť poměr přitápění a klimatizací jednoznačně roste.

2.4.2 Apple HomeKit

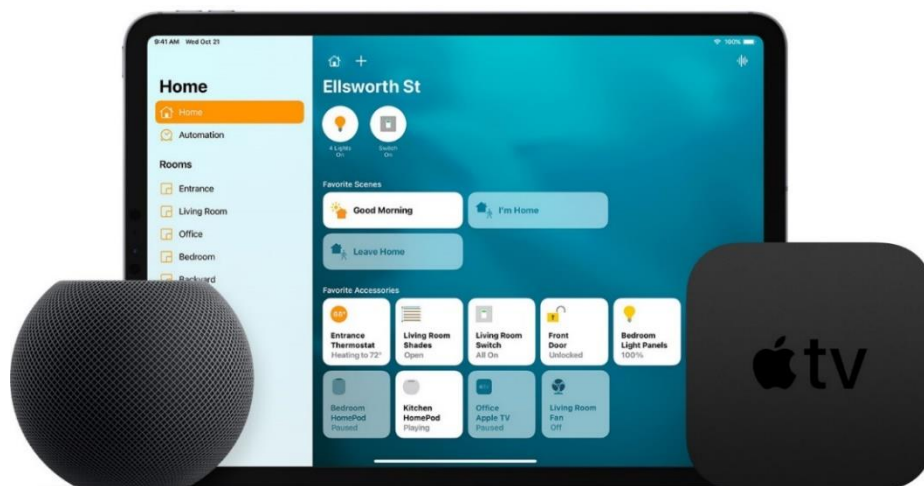
Jak již bylo řečeno, jedná se o jeden z nejrozšířenějších a nejdostupnějších typů chytré domácnosti. Uživatel pro ovládání musí vlastnit nějaké zařízení společnosti Apple, jako je Macbook, iPhone, Apple Watch či iPad a je zde potřebné alespoň pomalé připojení k internetu či přímá komunikace přes WiFi. Značnou výhodou je přímé zakořenění do operačních systémů od výrobce, a tedy propojení i s hlasovou asistentkou Siri. [19] Díky tomu je velmi snadné nastavování, spouštění a propojování dostupných funkcí, či jejich automatizace do různých scénářů. Instalace tohoto řešení je vhodná spíše do již hotové domácnosti, jejíž obyvatelé by rádi zvýšili úroveň svého komfortu. Bohužel toto řešení není příliš přívětivé spolupráci s OZE a jen omezeně s BEMS, a to dle vnitřní logiky zakoupených prvků. [17] Produkty bychom mohli rozdělit do několika kategorií, konkrétně: řídicí jednotka, osvětlení, zabezpečení, ovzduší a teplota, zásuvky a spínače. [18]

- Řídicí jednotka – Tou mohou být tři možné produkty. iPad, Apple TV a HomePod. Ty slouží k řízení HomeKitu na dálku, pokud zákazník je mimo dosah Wifi. Řídicí zařízení ale nesmí domácí síť opustit.
- Osvětlení – Jedná se o chytré žárovky, LED pásy a obdobné produkty, kdy zařízení je nainstalováno a permanentně napájeno, svítí ale až dle pokynu zákazníka. To umožňuje například synchronizovat všechna světla v místnosti či měnit rovnoměrně jejich barvu, neboť se většinou jedná o RGB LED. To může dokreslit scénérii v místnosti při sledování filmu nebo automatizovat rozsvěcování světel podle definované situace.
- Zabezpečení – Do této kategorií lze zařadit kamery, chytré zámky, videozvonky, senzory detekující otevření dveří či oken, detektory plynu a vody nebo různá pohybová či vibrační čidla. Díky těmto produktům může zákazník kdykoliv zjistit,

co se zrovna u něj doma děje a v případě neočekávané situace může být na to upozorněn.

- **Ovzduší a teplota** – Zde lze zařadit nabízené produkty jako termostaty, termostatické hlavice, meteostanice, monitory kvality ovzduší, difuzéry nebo čističky ovzduší.
- **Zásuvky a spínače** – Mezi produkty lze nalézt chytré zásuvky a prodlužovačky. Díky nim může zákazník spouštět některé spotřebiče nebo má přehled o míře jejich spotřeby. Chytré spínače lze ovládat manuálně i na dálku a mohou tak například na povel zatáhnout žaluzie. Jsou však i produkty se senzory vnitřního prostředí, které reagují samy na definované situace. Patří sem také i senzory pro ovládání oken nebo průtoku vody pro řízené zavlažování na zahradě.

Bohužel zde není podpora žádných velkých spotřebičů jako jsou pračky či sledování úsporného tarifu v síti a podobně. Tyto vlastnosti musí zohledňovat podporované prvky. Jedná se tedy spíše o chytrou domácnost, která tvoří komunikační mezičlen výrobků různých výrobců a tento systém primárně zvyšuje pohodlí, nikoliv však úsporu energie a financí. [20]



Obrázek 2-3 - Ukázka ovládacího prostředí Apple HomeKit a řídicích jednotek [58]

2.4.3 TECO – Foxtrot

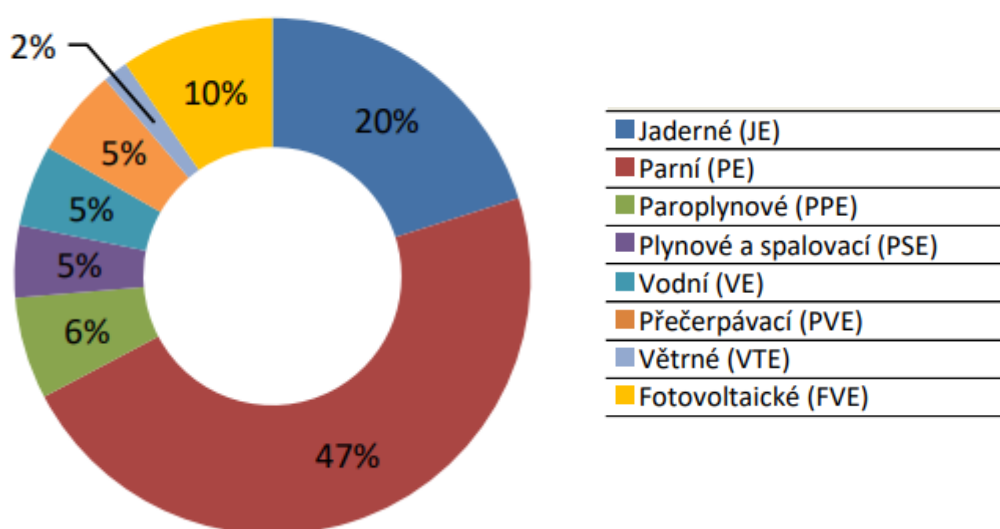
Stejně jako HomeKit společnosti Apple tak i PLC Foxtrot umí spolupracovat se zařízeními třetích stran. Zde je výrazně větší výběr, neboť spadá pod jednotnou normu uznávanou výrazně vyšším množstvím výrobců. Nyní si projdeme několik základních možností, které lze k realizacím použít. Zdroji pro tuto podkapitolu jsou [21] [22] [23].

- **Řídicí moduly** – Zde lze vybrat z více možností. Mezi sebou se liší množstvím vstupů, rozměry, integrací antény a USB či podmínky, v jakých jej lze provozovat. Konkrétní model je nutno vybrat podle daného projektu. Bývají tu však různé I/O svorky pro připojení přístrojů a TCL2 sběrnice pro připojení periferních modulů či submodulů.

3 Obnovitelné zdroje a jejich vlastnosti

Za tyto zdroje označujeme takové, jež jsou nefosilní přírodní zdroje a mají schopnost částečné nebo úplné obnovy. Některé z nich lze využívat k výrobě elektřiny i ve vlastní domácnosti. Jde o zdroje využívající volně dostupnou energii jako je ve slunečním záření, mechanickou energii tekoucí vody a proudícího vzduchu, geotermální energii z podzemí či z hořlavých plynů vznikajících přirozeně například při procesu rozkládání. Jsou také velmi podporovaným odvětvím, neboť podle kvót EU k roku 2020 by měl být jejich podíl na jejím území již 20 %. Podíváme-li se na Českou republiku, tak v roce 2005 zde byly zastoupeny 4,4 % a během pouhých devíti let v roce 2014 již přesáhl jejich podíl 13 %. Podle prohlášení ministra průmyslu a obchodu z ledna 2020 by do roku 2030 měl tento podíl vzrůst až na 22 %. [25] Otázkou však je jakých hodnot skutečně dosáhneme na základě ekonomických dopadů způsobených pandemií. Podle výsledných hodnot za rok 2019 však obnovitelné zdroje zastupovaly jen 11,6 % vyrobené elektřiny. Z toho tvořily 20,8 % vodní elektrárny, 21,7 % biomasa, 28,1 % bioplyn, 5,2 % větrné elektrárny a 23,1 % fotovoltaické elektrárny. [26] Tento podíl je však nižší než míra původních plánů, neboť ty pro rok 2020 původně na našem území činily dříve již dosažených 13 %, které později byly navýšeny až na 15 %. [24]

**Podíl instalovaného výkonu
v ES ČR**



Obrázek 3-1 - Podíl instalovaného výkonu elektrické soustavy ČR 4. čtvrtletí 2020 [63]

3.1 Solární energie

Tento zdroj řadíme do obnovitelných zdrojů, neboť Slunce a energii z něj zde máme neustále bez jakýchkoliv zásahů a bez větších změn. Tak to bude ještě další miliony let. Jde o volně dostupnou energii, jejíž výkon se mění dle zeměpisné pozice. Na území České republiky se udává, že na jeden metr čtvereční za rok dopadne 950 až 1340 kWh. Nejvyšších hodnot dosahujeme na jižní Moravě a nejnižších v oblastech na severu Čech, přičemž průměrně svítí slunce 1330 až 1800 hodin za rok. [27] Samotnou sluneční energii v domácnosti můžeme využít třemi způsoby: pro ohřev vody, pro vytápění a pro výrobu elektřiny. Pro ohřev vody a vytápění

Ize využít dva systémy, a to termický nebo fotovoltaický. Pro výrobu elektřiny lze využít jen fotovoltaický. [28]

3.1.1 Termický systém

Zde kolektory nabírají solární energii v podobě tepla a přenáší ji na vodu, která je rozváděna do topení nebo skladována v akumulčních zásobnících a později užívána spotřebiteli. Během letního dne jeden metr čtvereční plochy kolektorů zvládne ohřát přibližně sto litrů vody na teplotu 55°C. Problém však nastává v zimních měsících, kdy výkonnost tohoto systému klesá na minimum a je nutno použít alternativní systém pro ohřev vody či vytápění domu. Při navrhování systému musíme dimenzovat jak plochu kolektorů, tak i objem akumulčního zásobníku. [30] Udává se na jednu osobu jeden až jeden a půl metru čtverečního plochy spolu s osmdesáti až sto litry prostoru v akumulčním zásobníku. [27]

3.1.2 Fotovoltaický systém

Pro tento systém využíváme fotovoltaických panelů. Pokud na tento panel dopadá světlo o dostatečné intenzitě, dochází ke generování elektricky nabitých částic. Tento proces se zakládá na fotoelektrickém jevu. Solární panel se skládá z velkého množství malých solárních článků, které jsou sérioparalelně pospojovány tak, aby dávaly potřebné napětí, kterým bývá 12 V, nebo 24 V. Solární článek je malý polovodičový prvek, který sám zvládne dávat přibližně 0,5 V. Jednotlivé solární články jsou zalaminovány do struktur různých fólií tak, aby zvládly odolat nejrůznějším klimatickým podmínkám. Podoba solárních panelů je nejběžnější, ale nikoliv však jediná. Solární články jdou umístit například i do různých fasádních obkladů. Pro zjednodušení se však budeme věnovat jen fotovoltaickým panelům. [27]



Obrázek 3-2 - Ukázka instalace fotovoltaických panelů na střeše domu [60]

Protože se v průběhu roku mění intenzita slunečního světla a počet hodin během kterých Slunce svítí, klesá nám v zimních měsících množství elektrické energie, kterou vyrobíme. Ročně se však jedná přibližně o 180 kWh elektrické energie na jeden metr čtvereční solárního panelu. [33] Tato hodnota se však mění v závislosti s výrobcem, kvalitou panelu, a i s modernizací technologie tato hodnota i pomalu roste. Vyrobenou energii, kterou okamžitě nespotřebujeme lze prodat do sítě, nebo akumulovat do vody a baterií. [36]

3.1.3 Aplikace solární energie v domácnostech

Výše uvedené systémy jsou jedním z nejvhodnějších obnovitelných zdrojů tepla a elektrické energie do domácností. Tuto energii můžeme dále okamžitě využít, nebo uchovávat. Solární zdroje lze aplikovat téměř na jakoukoliv střechu či plochu prakticky ve všech zeměpisných polohách, kde dopadá dostatečné množství slunečního svitu. [34]

3.2 Větrná energie

Díky nerovnoměrnému ohřívání naší planety Sluncem dochází k tlakovým rozdílům napříč naší atmosférou. Díky rotaci Země kolem své osy tyto tlakové rozdíly nejsou rovnoměrné mezi rovníkem a póly, ale získáváme tak proudění vzduchu napříč celou planetou. Ohřátý vzduch vytváří tlakové níže, neboť má tendenci stoupat vzhůru. To tvoří prostor pro studený vzduch, neboť ten se drží u země a tvoří tlakové výše. Přírozenou reakcí je snaha vyrovnat tyto tlakové rozdíly, a proto studený vzduch je nasáván do oblastí tlakových níží. Čím větší rozdíl teplot, a tedy tlaků je, tím silnější vítr vzniká. [39]

Pro výrobu elektrické energie pro nás má nejvyšší význam vítr povrchový. K jednotlivým tlakovým rozdílům pak vedou i rozdílné povrchy. Neboť oceán, les, město, pole, poušť i louka mají rozdílný dopad na ohřívání vzduchu. Obecně dochází k vyššímu ohřevu vzduchu nad pevninou než nad oceánem nebo nad polem než nad lesem. Při dostatečně velkých plochách, jako je rozdíl mezi již zmíněnou pevninou a oceánem, dochází ke vzniku pravidelných tlakových rozdílů a stabilním větrům mezi těmito oblastmi. Takovéto efekty lze využít k pravidelné výrobě elektrické energie prostřednictvím větrných elektráren. [38]



Obrázek 3-3 - Ukázka větrného parku [61]

3.2.1 Větrné elektrárny

Základním principem funkce větrné elektrárny je přenos kinetické energie větru prostřednictvím listů rotoru na turbínu, která přes rotaci hřídele předává energii generátoru a ten vytváří energii elektrickou. Jejich umístění bývá několik metrů nad zemí na vysokém stožáru tak, aby zde nebyla překážka, která by omezovala sílu větru. Protože generátory mají nejvyšší efektivitu jen v určitých otáčkách, musíme mít možnost regulovat množství energie jakou předáme generátoru. To nám umožňuje převodovka mezi hřídelí a generátorem a schopnost natáčet úhel listů rotoru. [38] V dnešní době bývá regulace zcela automatická, a to včetně systému natáčení rotoru proti směru větru. U menších elektráren k tomu dochází automaticky a u větších to musí vykonávat motory. Účinnost větrné elektrárny může maximálně dosáhnout 59,3 %. Jedná se o takzvaný Betzův limit. [37]

Na našem území je však velmi málo oblastí příhodných pro tento zdroj energie, to o tom vypovídá i zastoupení jen 5,2 % ze všech obnovitelných zdrojů za rok 2019. V číslech to znamená přibližně 700 GWh elektrické energie vyrobených tímto zdrojem za rok 2020. [40] Přesto každým rokem toto číslo zatím roste a větrných elektráren pomalu přibývá. Není to však ideální zdroj energie na naše území, a proto ani využití pro domácí výrobu energie je také velmi malé. [39]

3.2.2 Využití větrné energie v domácnostech

Aplikace větrných elektráren na úrovni domácností je velmi malá. Na území ČR je naprosto minimální. Přes to však je možná. Využívají se spíše v horských a přímořských oblastech, kde je stabilní vítr. Na trhu lze nalézt produkty s horizontální i vertikální osou rotace s výkony od několika se wattů, až po několik kilowatt. Výstupní napětí těchto malých turbín bývá 12, nebo 24 V a s výstupní energií lze následně nakládat obdobně jako u elektrické energie získané ze fotovoltaického panelu.

3.3 Geotermální energie

Pod tímto typem energie můžeme vnímat teplo ze samého nitra Země. Protože je tohoto tepla enormní množství, vnímáme jej jako obnovitelný zdroj. Toto teplo pochází z více zdrojů. Jeho hlavní základ je již ze vzniku naší planety a z dob jejího formování. Další částí jsou různé chemické reakce probíhající v zemské kůře, rozpad radioaktivních prvků, třecí síly mezi jednotlivými vrstvami povrchu a přeměna pohybové energie na tepelnou při pohybu samotných tektonických desek. My tuto energii získáváme prostřednictvím vody a vodní páry, kterou buď využíváme k vytápění či k výrobě elektrické energie. [41]

Využitelnost geotermální energie určuje několik faktorů. Hlavními parametry jsou teplota, tepelný gradient a tepelný tok. Všechny parametry určují vlastnosti prostředí jako jsou hloubka, v jaké chceme získávat tuto energii, horniny a jejich tepelná vodivost. Také zda-li se nacházíme na rozhraní litosférických desek, kde je vyšší vulkanická aktivita nebo uprostřed pevninského štítu. Z těchto parametrů se pak dále odvíjí teploty v jednotlivých hloubkách a technologie, jež je nutné aplikovat pro jednotlivé realizace. Obecně se však dá očekávat, že průměrně na každý 1 km hloubky, stoupne teplota prostředí přibližně o 30 °C, v praxi to však znamená, že u krajů litosférických desek to je o 50–70 °C/km, kdežto u jejich středu to je spíš 10–15 °C/km. [42]

3.3.1 Využití geotermální energie člověkem

Využití se odvíjí od místa aplikace. Obecně se však setkáváme spíše s vytápěním. Pro výrobu elektřiny je zapotřebí dosáhnout dostatečných teplot a tlaků vody potažmo vodní páry. Příklady dělení mohou být Hydrotermální systém s vysokou tepelnou entalpií, Hydrotermální systém s nižší tepelnou entalpií a Petrofyzikální systémy. Tím se ale zde do hloubky zabývat nebudeme. [41]

V některých oblastech světa je geotermální energetika velmi populární. Příkladem mohou být některé oblasti USA, Itálie, Mexika, Filipín, Japonska, Austrálie, Nového Zélandu, Francie, Velká Británie nebo Islandu. Přičemž na Islandu díky obrovské dostupnosti se jedná o zdroj, jež vytápí více než 89 % domácností a umožňuje jim pěstovat uvnitř skleníků i tropické ovoce. Pokrývá jim velkou část produkce elektrické energie, neboť všechny další zdroje jsou pro ně vcelku komplikované. Mimo tyto některé oblasti se geotermální energie příliš nevyužívá. Příčinou je výrazně vyšší realizační náročnost než u jiných zdrojů energie. Ke konci roku 2020 je celosvětově očekáváno že bychom mohli mít celkový instalovaný výkon asi 21 000 MWe a dle optimistických scénářů by do roku 2050 mohl narůst na 140 000 MWe s podílem 8 % na globální výrobě elektřiny. [43]

3.3.2 Geotermální energie v České republice

V dnešní době se tento zdroj na našem území příliš nevyužívá. Pro výrobu elektrické energie bychom na většině území museli vrtat do několika kilometrových hloubek. Svůj potenciál do budoucna jednoznačně má na území Českého masivu. [42] Nyní se však navzdory dřívějším prognózám žádná nechystá. Pro vytápění ji však již nyní využívají obce jako Karlovy Vary či Ústí na Labem. Obecně jsou lokalizovány na sever a severozápad Čech. [44]

Poslední dobou se však díky dotacím Evropské Unie tento zdroj začíná objevovat u některých domů jako zdroj tepla prostřednictvím tepelných čerpadel typu země-voda. Ty jsou vhodné jen v některých oblastech republiky. [43]

3.3.3 Geotermální energie v domácnostech

Tento zdroj energie je v měřítku domácností vhodný pro snížení nákladů za vytápění. Pro domácnosti je jednoznačně využitelný, ovšem je vhodnější jako zdroj tepla ve větším měřítku. Tím myšleno, že by docházelo k vytápění domů v celém městě. Pro samostatné domácnosti je toto využitelné v oblastech s dostatečně aktivním podložím, kde není nutné provádět vrty do velkých hloubek. Pro uvolnění této energie potřebujeme buď plošnou síť potrubí pod pozemkem, kterou proudí voda. Nebo vrt, ze kterého vyvěrá teplá voda. To je poté napojeno přes tepelné čerpadlo na topení v domácnosti. Jedná se o jistou vstupní investici, ovšem do budoucna nám může snížit náklady na vytápění přibližně o 10–60 % podle konkrétních podmínek na aplikaci. [42]

3.4 Vodní energie

Tento zdroj je zde přítomný díky ideálnímu umístění naší planety a díky fungování koloběhu vody, kdy solární energie odpařuje vodu z jejích toků, jež se nechá unášet větrem a ve vyšších vrstvách atmosféry kondenzuje, odkud padá dolů zpět na povrch Země. Tímto opět doplňuje vodní toky ve vyšších polohách, čímž jí dává větší energetický potenciál. Díky tomu jsme později schopni tuto kinetickou energii proudící vody přeměnit na elektrickou energii. Dochází k tomu tak, že voda, kterou svedeme do kanálu nám roztočí turbínu a ta prostřednictvím hřídele předá energii generátoru. Ten přemění mechanickou energii na

elektrickou. Spojení těchto tří komponentů je označováno jako turbogenerátor. Mnohdy je však před generátor umístěn ještě převod. [45]

Využívání vody má dlouholetou tradici, dříve se spíše využívala přímo mechanická energie. Od toho se však později upustilo v prospěch elektřiny, neboť efektivitu, s jakou můžeme této přeměny dosáhnout se pohybuje přibližně okolo hodnot 75–90 %. V České republice se vodních elektráren využívá především jako špičkového zdroje, neboť jejich výkon lze skokově navýšit v řádě desítek sekund až jednotek minut. [47] Také se jedná o jeden z nejšetnějších a nejstabilnějších obnovitelných zdrojů energie co v aktuální chvíli ve velkém používáme. Je také velmi běžným zdrojem energie napříč celým světem, mimo oblasti extrémního chladu a sucha. Na našem území se ale většina toků již blíží k maximálnímu využití tohoto zdroje. [46] [48]

3.4.1 Vodní elektrárny

Při instalaci dochází k zohlednění mnoha parametrů. Příkladem může být natočení hřídele, instalovaný výkon, spád vodního toku, typ použité turbíny, nebo konkrétní podoba elektrárny dle typu. Těmi jsou: jezové vodní elektrárny a derivační elektrárny, akumulární vodní elektrárny, přečerpávací vodní elektrárny a slapové vodní elektrárny. [48]

Postavení vodní elektrárny bývá vysoká a dlouhodobá investice. Na první pohled by se mohlo zdát, že voda je vlastně zadarmo, neboť teče sama od sebe a není ji nutno těžít. Bohužel vodní díla bývají komplikovaná a mnohdy vyjdou draž než například tepelné elektrárny. Přes to však nabízí mnoho velmi specifických a výhodných vlastností, pokud je jim zajištěna poloha s dostatečně silným tokem. Právě díky tomu se mohou stát velmi stabilním zdrojem energie a to ať sezonně, tak i celoročně. Nezávisí nijak na denní době, skýtá velmi rychlou reakční dobu a mají schopnost startu ze tmy. Nebo-li po blackoutu mohou spustit bez dalšího zdroje a zvládnou dodat energii pro rozběh větších a strategicky významných elektráren. Není to tedy zdroj na našem území vhodný pro většinu domácností, ale pro stát má velmi velký význam. Z globálního hlediska však naskýtá velký potenciál ještě jeden typ vodních elektráren a těmi jsou přílivové u pobřeží moří, zatím však nejsou masově využívány. [45]

3.4.2 Využití vodní energie v domácnostech

Vodní energie má pro domácnosti velmi omezené využití. Podmíněna je značnou vstupní investicí a přítomností vodního toku v bezprostřední blízkosti domácnosti o dostatečné síle, který nemá odkoupený vodní spád. V ČR je to tedy pro domácnosti neobvyklý zdroj energie. Jeho nezpochybnitelnou výhodou je však jeho stabilita. Proto bývá oblíbený jako zdroj čisté energie v odloučených lokalitách, například v Alpách.

3.5 Biomasa

Pojem biomasa je obecným označením pro hmotu organického původu, a to ať živočišného, tak i rostlinného. Některé z nich lze využít přímo a jiné musí ještě projít dalším procesem úpravy. V energetice se však obecně pod pojmem biomasa míní ten produkt, který lze přímo využít, případně takový jen s drobnou úpravou. Prostřednictvím spalování se uvolňuje energie nashromážděná během celého života organismu. Pro tento typ však většinou využíváme spíše suché části rostlinného původu. Produktem této suroviny je tedy teplo. [50] To se dalším zpracováním dá případně přeměnit na elektrickou energii podobně jako v tepelných elektrárnách. Vysoká účinnost se při užívání biomasy dosahuje při produkci tepla, oproti tomu při produkci elektrické energie je účinnost asi jen poloviční. Proto je velmi vhodné využití biomasy pro takzvanou kogenerační výrobu, kdy je za cíl získat jak teplo, tak elektřinu.

Pak se nám účinnost pohybuje mezi 50 % a 90 % podle konkrétního projektu. Biomasa se však řadí mezi dlouhodobě udržitelné zdroje, protože vyprodukuje stejné množství oxidu uhličitého jako sama během své existence spotřebuje pro svůj růst. [49]

3.5.1 bioplyn

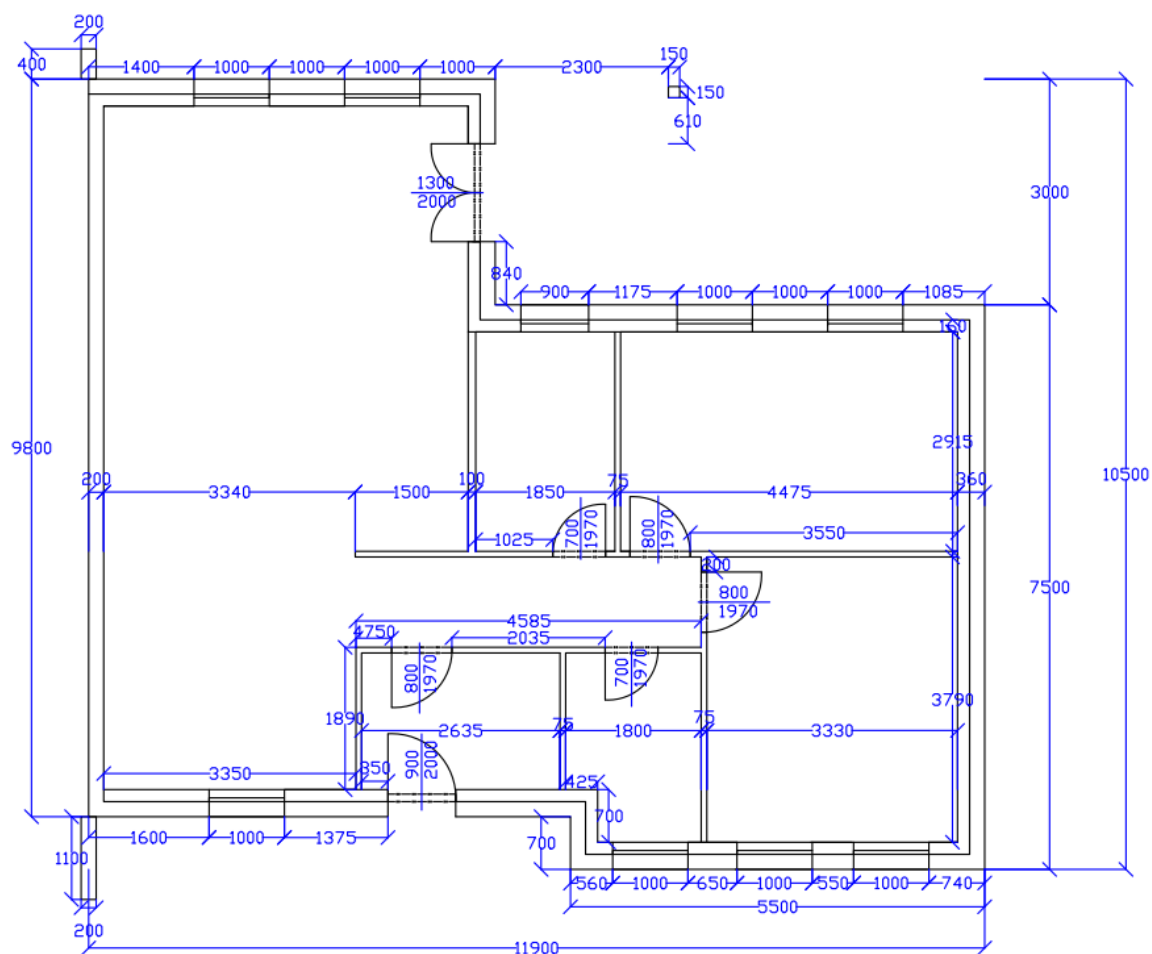
Bioplyn je podtypem biomasy, která je procesně upravena. Jedná se o palivo organického původu, vhodné k výrobě elektrické energie, tepla a může být využíván i jako palivo k dopravě. [54] Vyrábí se z mokré biomasy, která musí být dána do anaerobního procesu. Zjednodušeně se však jedná o proces, v němž určité kmeny mikroorganismů směs biomasy rozloží, uvolní bioplyn a ponechají zde tuhý zbytek označovaný jako digestát, vhodný ke hnojení a tekutý zbytek neboli fugát, který je nutno odbourat například v čističce odpadních vod. Samotný bioplyn se skládá hlavně z metanu a oxidu uhličitého. [55] Pro využití v domácnosti je bioplyn vhodný spíše k výrobě plynu v kotlích, které jsou na to určeny. Ovšem takto se příliš často nevyužívá. Především je však výhodný jako zdroj tepla i elektřiny pro firmy s velkým množstvím biologického odpadu. Příkladem z praxe mohou být pivovary, kdy některý z nich tohoto již využívají a snižují tak své výdaje na energie i vyvážení odpadu. [53]

3.5.2 Využití biomasy v domácnostech

Tato forma obnovitelné energie není v domácnostech rozšířená kvůli náročnosti na biologické zdroje. S jejím využíváním se můžeme někdy setkat spíše u farem. Jedním z nejsnazších způsobů, jak využít biomasu v domácnosti pro snížení nákladů na vytápění, nebo ohřev vody je pomocí bioreaktoru. Jedná se o strukturu sestavenou z organických materiálů, uvnitř které dochází k rozkladu, a tedy tvorbě tepla. Další možností jsou specializované kotle, zde ovšem můžeme využívat jen některé suroviny. Biomasa se však spíše sváží a spotřebovává ve větších měřítkách.

4 Úvod do praktické části

Na základě teoretické části lze vyhodnotit, že pro domácnost je optimální aplikovat produkt s lokálním řešením, doplnit jej o systém úspory energie v budovách, a to podpořit některým z obnovitelných zdrojů. Proto zde bude rozvinuta práce s PLC Foxtrot od společnosti TECO, neboť se jedná o jeden z nejkompexnějších systémů. Bude zde rozebrán HW tohoto PLC a základy programování dle normy IEC 61 131 v prostředí Mosaic. Dle těchto poznatků zde budou ukázány příklady vhodných algoritmů. Také na základě nich zde bude představena simulace, jež bude obsahovat model menší domácnosti, který zohlední i systém BEMS. Bude do ní začleněno i napájení solárními panely jakožto obnovitelný zdroj energie. Tento typ obnovitelné energie je zvolen, neboť se jedná o jeden z nejsnáze dostupných pro domovní aplikace. Dále je vhodný pro domácnosti řízené produkty společnosti TECO. Ta má na tento zdroj energie přímo určené moduly. V posledním oddíle praktické části bude rozvedena ekonomická a energetická bilance pro dům navrhovaný v simulaci. Následně bude porovnávána s bilancí pro již skutečně stojící dům, který byl postaven v roce 2020. Tento dům je osazen běžnou elektroinstalací doplněnou o systém HomeKit. Zohledněna bude vstupní investice a energetická náročnost. Jedním z porovnávaných parametrů bude i začlenění obnovitelných zdrojů energie a systému úspory energie. U většiny systémů však bude snaha o volbu takových produktů, které jsou nějakým způsobem srovnatelné se skutečným stavem domácnosti. Dům se rozkládá na ploše 101 m² s obytnou plochou 85 m². V současnosti je obýván mladým párem.



Obrázek 4-1- Půdorys domu

5 PLC Foxtrot

V této části dojde k nastínění základních principů nutných pro návrh chytré domácnosti zakládající se na systému Tecomat Foxtrot a výběr alternativní elektroinstalace pro praktickou část. Většina níže uvedených poznatků v této kapitole vychází z online dokumentu *Příručka pro projektování CFox, RFox a Foxtrot* [22], kterou přímo vydává společnost Teco.

5.1 Představení systému

Stěžejním prvkem takovéto chytré elektroinstalace je jednoznačně základní modul. Do něj je nahrán řídicí SW a k němu jsou připojeny další periferie. Základní řídicí jednotkou je pro systém Foxtrot modul CP-1000 a Foxtrot 2 modul CP-2000. V nabídce společnosti Teco můžeme nalézt i mnoho dalších základních modulů, ku příkladu CP-1091, CP-2005 a mnoho dalších. Ty se mezi sebou liší množstvím vstupů a výstupů, které nabízí, a tedy i pro jaké konkrétní aplikace jsou vhodné. Pro přímé připojení některých aktorů a snímačů k modulu lze využít digitální a analogové vstupy a výstupy označené DI, DO, AI a AO. Pro složitější aplikace je nutné použít periferní moduly jako prostředníky. Ty se připojují pomocí sběrnic.

První sběrnici je TCL2. Tato sběrnice se využívá spíše pro připojení externích master modulů. Ovšem lze k ní v omezené míře najít i periferní moduly. Její dosah je přibližně mezi 300 a 400 m, obnovení dat je každých 5 ms. Má liniovou topologii a musí být zakončena odpory. Lze k ní připojit až deset I/O periferních modulů, až šest komunikačních modulů, až čtyři operátorské panely, nebo až čtyři master moduly CIB sběrnice. Tím posledním se nám naskytá možnost získat pod jednou řídicí jednotkou až devět, u některých dokonce až deset, větví CIB sběrnice. Sub moduly této sběrnice jsou výhradně umístitelné na DIN lištu.

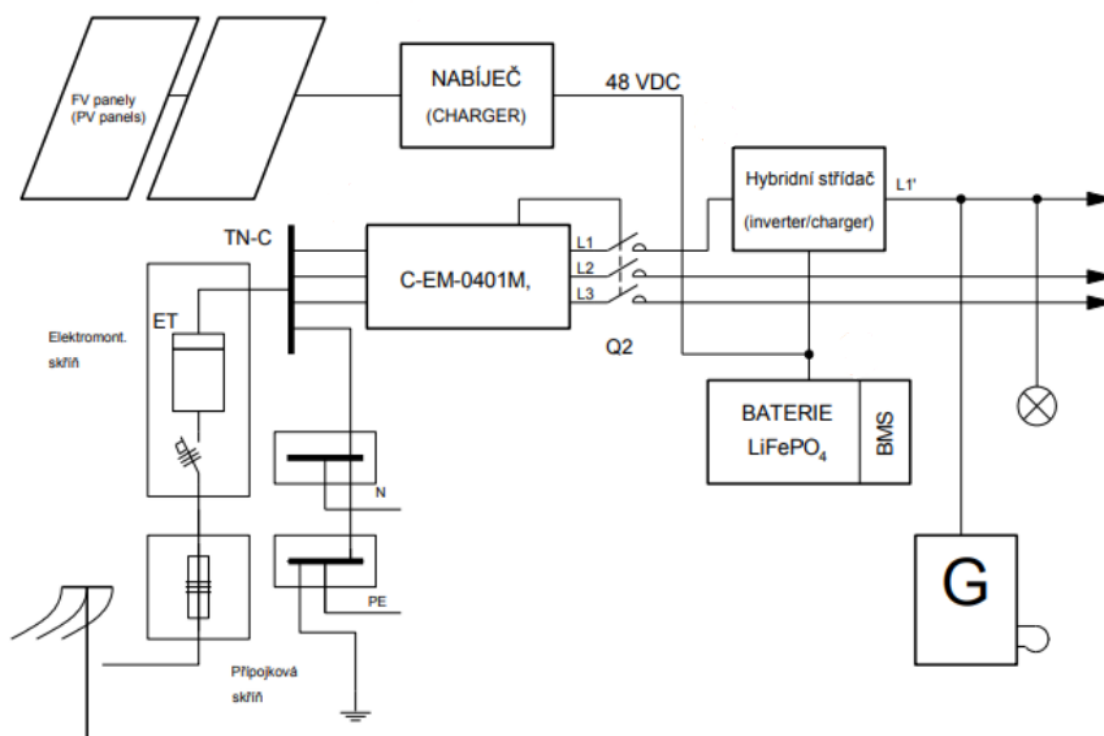
Sběrnice CIB je stěžejním přístupovým bodem pro většinu periferních modulů. Ty jsou také označovány jako CFox. Její maximální dosah je okolo 300 až 400 m, je vedena dvěma vodiči a k obnovení dat dochází každých 7 až 150 ms podle počtu modulů. Na jedné větvi může být až 32 modulů. CFox moduly lze umístit na nejrůznější místa. Například na DIN lišty do rozvaděčů, kde můžeme nalézt různé řídicí prvky světel, žaluzií. Nebo jako interiérové prvky, těmi jsou vypínače a displeje. Dále vestavěné moduly vyžadující umístění do nějakého obalu. Až po různé specifické moduly a aktory, které slouží ke snímání CO₂, ovládání radiátoru a podobně.

Poslední sběrnici je RFox. Tato však nemá běžnou fyzickou podobu, jedná o bezdrátovou síť. Prvky RFox se však logikou chovají jako by byly připojeny na sběrnici. Pod tímto standardem lze nalézt moduly vhodné pro nejrůznější aplikace. Ať už interiérové, či exteriérové. Jsou napájeny bateriemi, 230 V AC, nebo 24 V DC. Její potenciál se hlavně rozvíjí s příchodem systému Foxtrot 2, který se zaměřuje na rozvoj původního systému Foxtrot.

Společnost Teco si vyvinula své specifické značení modulů, které se na první pohled může zdát chaotické, ale je svázáno jasnými a přesnými pravidly. Příkladem bude modul označen C – OR – 0011 M. První znak C znamená komunikaci prostřednictvím sběrnice CIB. OR je anglickou zkratkou, jenž znamená výstupní relé. Tyto znaky slouží k určení funkce modulu. První dvě číslice, zde 00 značí počet vstupů do modulu a druhé dvoučíslí, zde 11, znamená počet výstupů. Poslední znak označuje umístění. Zde M je zkratkou slovu modular neboli modulární. To značí systém určený k upevnění na DIN lištu.

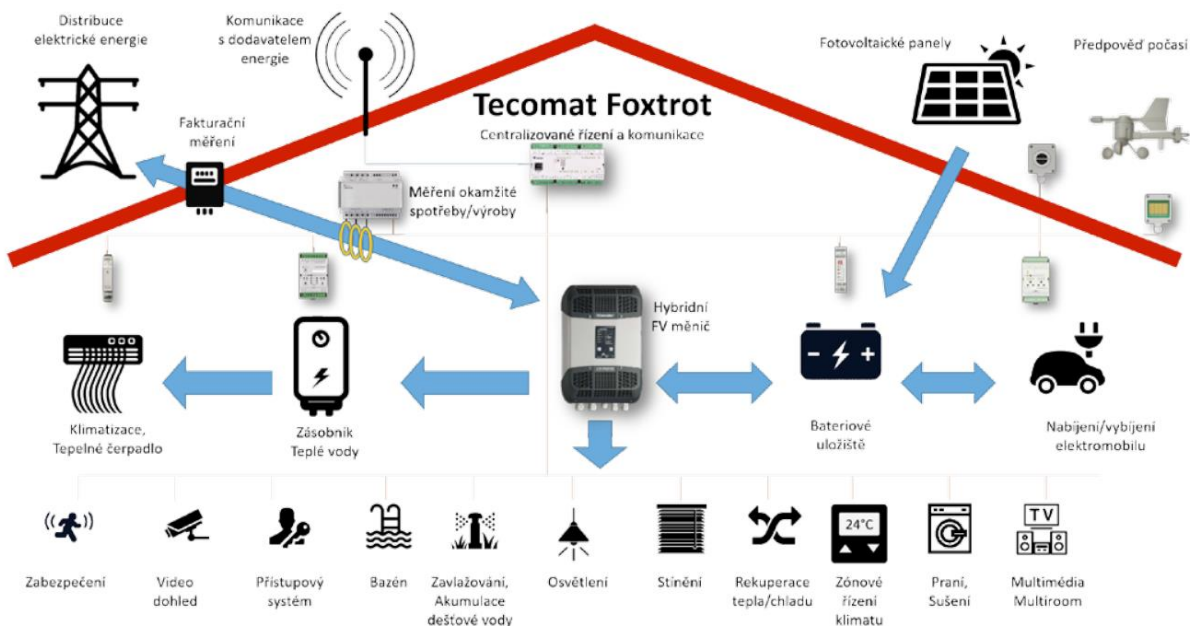
5.2 Návrh domácnosti se systémem Foxtrot

Pro návrh inteligentní domácnosti, která je řízena pomocí PLC Foxtrot a zahrnuje systém úspory energie, je nutné nejdříve určit základní strukturu celého systému. Na výběr je rovnou více možností, ale od této struktury se později odvíjí i výběr samotných modulů a dalších komponentů. Pro naši síť je zvolena struktura jednofázové hybridní fotovoltaické elektrárny se stejnosměrnou vazbou fotovoltaických panelů. Její hlavní komponenty můžeme vidět na obrázku 5-1.



Obrázek 5-1 - Strukturální schéma zapojení domácnosti [22]

V této aplikaci můžeme vidět solární panely připojeny přes nabíječ k hybridnímu střídači. Odtud mohou dodávat do sítě, nebo uchovávat energii v baterii. Pro tuto aplikaci je nutné připojit důležité spotřebiče, jež chceme zálohovat, na fázi L1'. Existují ovšem alternativní možnosti, kdy lze zálohovat fáze všechny. Jedná se pak ale o nákladnější aplikaci. Toto zapojení nám také umožňuje napájet baterii ze sítě. Toho se dá využít například při nízkém tarifu, pokud jsou baterie více vybity. Při návrhu řídicího systému je nutné ovšem pamatovat na maximální výkony, kterých mohou jednotlivé komponenty dosahovat. Neboť při výpadku sítě by mohlo dojít k jejich přetížení a nenávratnému poškození. Za povšimnutí stojí také modul C-EM-0401M. Jedná se o elektroměr schopný komunikovat se systémem Foxtrot. Je to přístroj připojený hned za elektroměrem distribuční sítě. Za jeho pomocí lze sledovat přitékající a odtékající elektrickou energii mezi sítí a domácností. A také jde o jeden z důležitých prvků pro BEMS.

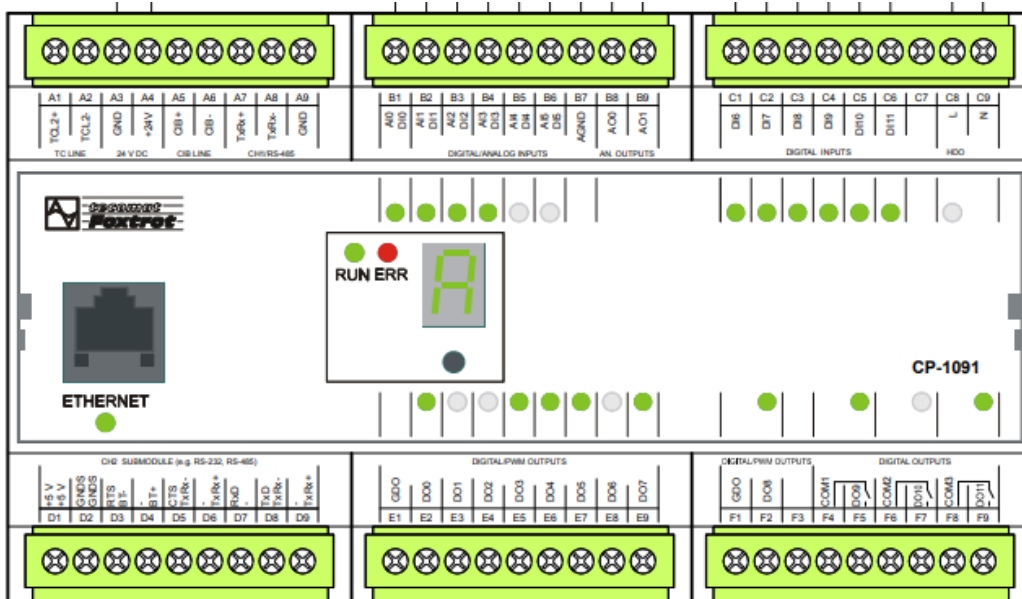


Obrázek 5-2 - Blokové schéma spojení Smart house a Smart grid [64]

Na obrázku 5-2 již můžeme vidět blokovou logiku pod jakým principem může celá domácnost fungovat. Systém můžeme rozdělit do několika vrstev. V té spodní jsou samotné senzory, aktory a spotřebiče. Nad ní je nadřazena vrstva pracující s řízením a akumulací energií. A v nejvyšší vrstvě již vidíme samotný řídicí systém a zdroje, které přivádí energii a vnější data do domácnosti. Systém Smart grid také myslím na nově cílený směr energetiky, kdy distributor počítá ve chvílích nedostatku s hybridními domácnostmi a nadbytky z baterií od nich odkupuje.

5.2.1 Řídicí jednotka

Pro tuto domovní aplikaci byl zvolen modul CP-1091. Tento model je společností TECO určen pro podobné aplikace, kde jednotka řídí toky energií v domácnosti. Jednou z jeho předních výhod je vstup pro snímání HDO signálu neboli pomocí tohoto vstupu lze detekovat nízký tarif v síti. K této řídicí jednotce je i rovnou zvolen napájecí zdroj DR-60-24, který zvládá napájet řídicí a periferní moduly napětím 24 V o maximálním trvalém výkonu 60 W.



Obrázek 5-3 - Ukázka řídicího modulu CP-1091 [22]

Na obrázku 5-3 můžeme vidět čelní náhled na modul CP-1091. Disponuje jednou sběrnici TCL2 a jednou sběrnici CIB. Na svorky A3 a A4 je připojeno napájení a na svorky C8 a C9 lze připojit signál HDO, jedná se však o binární digitální vstup pro napětovou hladinu 230 V. Tento modul dále nabízí šest analogových vstupů s galvanickým oddělením vhodných pro připojení například teplotních senzorů. Šesti binárními digitálními vstupy bez galvanického oddělení pro napětovou hladinu 24 V. Dva analogové výstupy bez galvanického oddělení pro rozsah 0-10 V. Dále devět polovodičových výstupů v napětové hladině 24 V vhodných pro PWM modulaci. Tři výstupy řízený proudovými relé, které zvládnou stabilně 16 A, krátkodobě až 80 A. Jako poslední Ethernet kabel vhodný například pro připojení k internetu.

5.2.2 Elektroměr

Jak již bylo uvedeno, pro správné řízení toků energií v domě je nutné mít nad nimi přehled. Proto je vhodné začlenit do systému i prvek, který je schopný tyto energie měřit. Mohla by se nabízet myšlenka kdy přece jeden elektroměr je již na hranici mezi distribuční sítí a domácností, ze kterého dochází k vyčíslení plateb. K čemu tedy další? Takovýto typ měřícího přístroj obecně nenabízí datový výstup v podobě pro nás vhodným. Nemluvě o tom, že je v majetku distributora a zásah do něj není nijak možný. Řešením je zavedení modulu C-EM-0401M. Tento elektroměr připojitelný přes CIB sběrnici nabízí měření fázových napětí, proudů, činných a jalových výkonů, účinníků, nebo THD. Dále má více konfigurací rozsahu jmenovitých proudů. Standardně bývají od 15 A do 150 A. Na objednávku jsou ovšem schopni dodat s rozsahy od 5 A do 600 A. Našim podmínkám pochopitelně ovšem postačí model základní. A to konkrétně s maximálním měřeným proudem 35 A. Dále je také vybaven napětovou a frekvenční ochranou. To je vhodné pro řízení fotovoltaických elektráren či kogeneračních jednotek.

Jeho zapojení je doporučováno připojit přes tavnou pojistku na 1 A. K měření veličin dochází nepřetržitě. K jejich vyhodnocení dochází s periodou 200 ms. S touto periodou je možné číst hodnoty činného výkonu řídicím systémem. Ostatní hodnoty se odesílají dle potřeby na základě příkazového požadavku.

5.2.3 Řízení ohřevu teplé vody

Pro řízení ohřevu vody lze využít modul C-IR-0203M. Ten nabízí připojení dvou teplotních čidel a dvou topných spirál, které mohou mít odběrový výkon každá až 1 kW. Pro případ že je zvolena třífázová topná jednotka, tak lze využít ještě PWM výstup. Pomocí něj lze řídit sub modul. Dle výrobce se nám k tomu přímo nabízí modul RGS1A23D25. Jedná se samozřejmě o jedno z více možných řešení. Do naší domovní instalace ovšem postačí řešení jen s modulem C-IR-0203M.

5.2.4 Řízení žaluzií

Zde se nám nabízí modul C-JC-0006M. Je osazen šesti výstupy vhodnými pro standardní ovládání žaluzií. Tedy má stavy otevírání, klid a zavírání. Výstupy zvládnou trvalý proud až ve výši 3 A. Reálně je však každý výstup zdvojen pro směrování chodu pohonu. Je tedy výstup UP a výstup DOWN. Při používání jednoho je vždy ten druhý blokován. Pro samotné ovládání žaluzií je doporučeno použít žaluziový pohon Somfy J406WT. Na trhu je ovšem možné najít další alternativy.

5.2.5 Vypínače a měření teploty v místnosti

K ovládání osvětlení, žaluzií, nebo větráku je zapotřebí vypínačů. V systému Foxtrot k tomu slouží moduly C-WS-0200R a C-WS-0400R. Připojují se prostřednictvím sběrnice CIB

a jsou osazeny buď dvěma, anebo čtyřmi tlačítky. Dvojice tlačítek vždy pro indikaci vypínače v horní, nebo dolní poloze. Výrobce tedy nabízí jednoduchý a dvojitý vypínač. Tyto vypínače dále disponují vstupy pro připojení až dvou teplotních senzorů. Dá se tak snadno po místnosti měřit teplota pro další řízení vytápění. Pro měření teploty v místnosti je například vhodné čidlo teploty SK8NTC12k-2PS-1. Volbu konkrétního čidla musíme vzít v potaz při psaní kódu, neboť to může ovlivnit jaký rozsah hodnot pro převod analogové na digitální hodnotu použijeme. TECO dále nabízí širokou škálu designů krytů od různých výrobců. Pro naši práci máme zvolen design od firmy ABB.

5.2.6 Snímání pohybu osob

Pro snímání přítomnosti osob v místnostech a domácnosti se nabízí více řešení. Jedním z nich jsou PIR senzory Elite výrobce TEXECOM, které jsou k nalezení v katalogu společnosti TECO. Pro tuto interiérovou aplikaci je vhodný například Elite-QD. Má úhel záběru 90°, 42 detekčních zón a tři stupně citlivosti. V nabídce lze ovšem najít i senzory snímající teplotu a na základě toho lze obdobně také vyvodit přítomnost osob.

Detektor pohybu Elite-QD potřebuje pro svůj chod stejnosměrné napětí 12 V a je potřeba jej připojit na AI/DI vstup. Pro začlenění pohybových senzorů do obvodu je vhodný například modul C-WG-0503S. Je připojen pomocí sběrnice CIB, ze které se i napájí, a kromě komunikační funkce, může nabídnout i napájecí napětí 12 V pro senzory. Pro propojení senzoru a modulu je nutné mít kabel alespoň o průměru 0,3 mm, ovšem jeho délka může být až desítky metrů.

Snímáním pohybu se budeme zabývat jen v této a ekonomické části. V programové dojde k jejich zjednodušení až částečnému zanedbání, neboť pro účely simulace samotné snímání má omezené podoby provedení.

5.2.7 Řízení osvětlení, zásuvek a ventilátoru

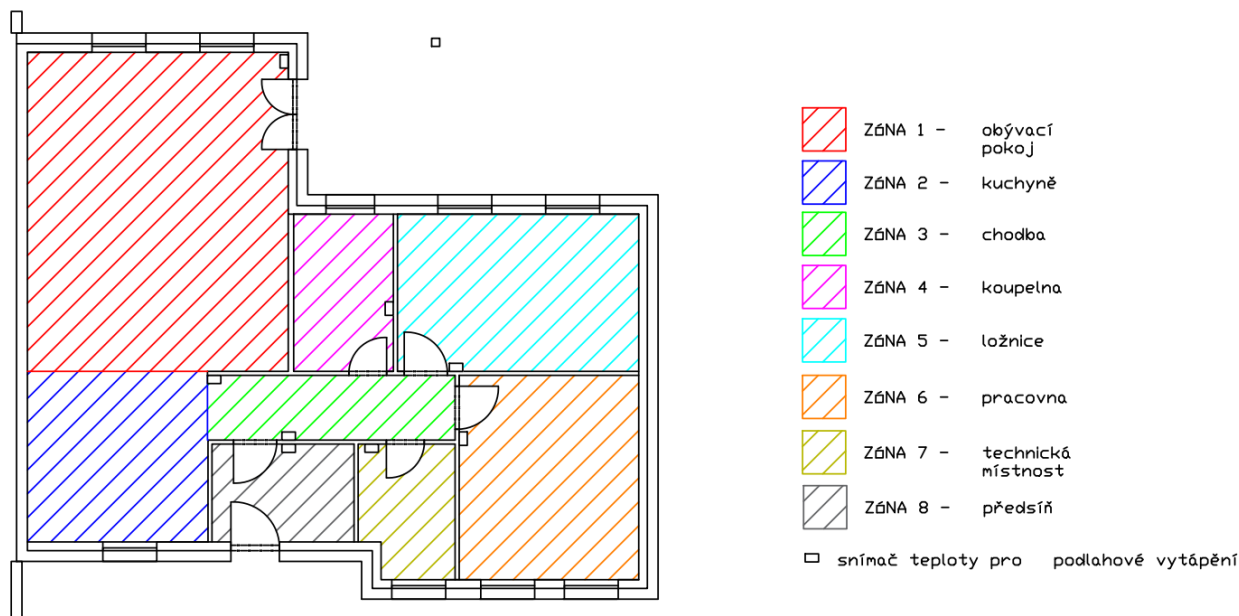
K řízení osvětlení byl zvolen modul C-OR-0011M-800. Disponuje jedenácti spínacími relé, které jsou dimenzovány na trvalý proud 16 A, krátkodobý až 200 A. Dále komunikuje prostřednictvím sběrnice CIB a do reléových výstupů lze vložit vodič o maximálním průřezu 4 mm². Modul je ovšem vhodný ke spínání kapacitní i induktivní zátěže, nebo zásuvkových okruhů. Lze jej tedy aplikovat pro řízení v zásadě všech typů osvětlení, ale i jednoduché vypínání a zapínání některých spotřebičů. To ovšem není vhodné pro všechny přístroje, ani všechny situace.

Pro řízení ventilátorů je vhodný modul C-VT-0102B. Ten je schopný řízení až dvou nezávislých větracích jednotek o maximálním příkonu 5 W a má vstup pro teplotní senzor.

5.2.8 Řízení elektrického podlahového vytápění

Pro tento účel byl zvolen modul C-OR-0008M. Je menším ekvivalentem modulu C-OR-0011M-800 o kterém je odstavec výše. Tento modul má ovšem jen osm reléových výstupů s trvalým proudem 16 A a maximálním krátkodobým proudem jen 80 A. To nám ovšem na podlahové vytápění postačuje. Naše konkrétní aplikace má osm zón zhotovených z odporových drátů, které mají příkon 105 W/m². V případě potřeby lze samozřejmě topné dráty

připojit i k modulu určenému k řízení osvětlení a naopak. Na obrázku 5-4 můžeme vidět rozložení zón vytápění.



Obrázek 5-4 - Rozložení zón podlahového vytápění

5.2.9 Ovládání uzávěru vody a senzory zaplavení

Za účelem hlavního uzávěru vody můžeme použít modul CWX-15-24. Jedná se o digitálně řízený motor ovládající ventil. Je vhodný jako náhrada solenoidů a pneumatických ventilů. Svou konstrukcí, a i díky velkému točivému momentu, je vhodný pro širokou škálu aplikací. To vybízí k spolehlivosti tohoto systému v naší aplikaci. Při výpadku napájení ovšem ventil není možné ovládat. Proto je vhodné v soustavě ponechat i ventil ovladatelný ručně. Doba nutná pro zavření či otevření ventilu je asi 3,5 s. K jeho řízení je potřeba nutně přivést na jeho vstupy napětí 24 V. To lze realizovat pomocí DO výstupů. Ty můžeme nalézt například na řídicí jednotce. Pro ovládání je zapotřebí dvou DO řídicích výstupů, tak aby bylo možné řídit motor do obou směrů.

Pro indikaci zaplavení byla zvolena záplavová sonda F1-P. Do systému se připojuje pomocí analogového vstupu. V případě úniku vody v kontrolované oblasti dojde k vodivému spojení dvou elektrod v sondě. Tím získáme impuls, na jeho základě můžeme uzavřít vodní větev a snížit tím možné škody. Toto řešení je vhodné například do kuchyně či koupelny pro případ poškození myčky, pračky, nebo umyvadla.

5.2.10 Solární panely, baterie a jejich řízení

Pro volbu solárního systému je více možností. Vyjdeme již z předešlých podmínek, tedy budeme se zabývat solárními panely s bateriemi pro akumulaci přebytku. Tím se nám otevírá několik konkrétních možností pro realizaci. Zásadní rozdíl je, zdali chceme mít možnost dobíjet baterii při nízkém tarifu ze sítě, nebo ne. Pokud oddělíme síť a solární systém, pak máme některé spotřebiče napájené výhradně ze sítě a některé výhradně z obnovitelného zdroje. Přestože se jedná o nákladnější, tak pro uživatelský komfort zvolíme možnost spolupráce solárního systému a sítě. To odpovídá blokovému schématu na obrázku 5-1. Dále si musíme zodpovědět, jestli budeme chtít rozvádět energii z obnovitelných zdrojů jen do jedné fáze, nebo do všech tří. V tomto bodu se přikloníme k třífázovému řešení, protože námi navrhovaná

domácnost funguje včetně vytápění výhradně na elektřinu. Solární panely budeme tedy dimenzovat průměrnou denní spotřebu domácnosti. Zde však můžeme očekávat nadprodukcí energie. Pokud bychom se jí chtěli vyhnout museli bychom dimenzovat solární panely jen na hodnotu stálé celoroční spotřeby. Tu tvoří běžně využívané spotřebiče jako je bojler, nebo lednice.

Protože se jedná o novostavbu z druhé poloviny roku 2020, tak zatím neexistuje celoroční výpis energií. Ovšem na základě sledování elektroměru a zohlednění počasí, byla roční spotřeba určena na 9,5 MWh. Více v kapitole 7. Pokud tuto hodnotu vydělíme 365, dle (5-1), získáme tím teoretickou denní spotřebu průměrného dne. Ta činí 26 kWh. Zde je nutné uvážit že odběr máme rozdělen na letní a zimní, které se nepřekrývají, proto tyto hodnoty snížíme o odběr klimatizace, tedy hodnoty budou 9 MWh a tedy 24,65 kWh. Celková roční spotřeba nám samozřejmě neklesne, ale lze očekávat že využíváme buď topení, nebo klimatizaci, tedy obnovitelné zdroje můžeme dimenzovat na nižší produkci. Další pro nás důležitý ukazatel je počet průměrných slunečných hodin v této oblasti. Tu lze dohledat na internetu. Příkladem může být zdroj [65], kde lze vyčíst pro Žatec a okolí 1454 h/rok. Což pokud opět vydělíme 365 získáváme přibližně 4 hodiny/den. Vzorec (5-1) je zobecněnou ukázkou tohoto vzorce, kde za x dosazujeme výkon, nebo počet hodin. Pokud bychom spotřebu dimenzovali bez možnosti přetoků do sítě, tak odběr domácnosti by byl přibližně okolo 4,3 MWh. Tím by šlo v následujících odstavcích úměrně snížit počet panelů a velikost baterií. Původ této hodnoty je opět v kapitole 7.

$$x_{den} = \frac{x_{rok}}{365} \quad (5-1)$$

Další zásadní otázkou je, jak velkou část spotřeby domácnosti budeme chtít pokrýt a v případě nadbytku co budeme dělat s přebytečnou energií. Protože tato domácnost má elektrické vytápění je vhodné pokrýt co největší část. Zde však musíme vyřešit problém co s nadbytkem v letních měsících, kterou již nezvládneme akumulovat do baterií. Jednou z nejlepších možností je akumulace do teplé vody. Pokud bychom měli vodní podlahové vytápění, bylo by nutné mít velkou nádrž do které by se naakumulovala značné množství energie a tím by šlo v letních měsících například u jiných staveb přehřívát bazén. V této domácnosti ovšem je jen bojler. Z toho důvodu je nejvhodnější provést smlouvu s distributorem energie o odkupu přebytků energie. Současným distributorem pro tuto domácnost je ČEZ prodej a.s.. Uvažujeme instalovaný výkon fotovoltaických panelů do 10 kW. Zde je tedy ku příkladu možnost provádět prodej energie za 40% kupní ceny silové elektřiny dle nasmlouvaného tarifu. Do budoucna by toto mělo být s novým energetickým zákonem ještě více zvýhodněno a usnadněno. Zisky z prodeje elektřiny jsou však řazeny za příjmy z podnikatelské činnosti a je nutno provést odpovídající dokumentaci. Pokud však nepřesáhnout částku 30.000Kč, není nutné je danit. Pokud by bylo za cíl vyhnout se byrokracii, pak je zde možnost připojit domácnost jako mikrozdroj. Malé náhodné přetoky jsou přípustné, ale je nutné celý fotovoltaický systém dimenzovat, tak aby se jim předcházelo. Zde vyjdeme ze skutečnosti, že jsme splnili podmínky pro uzavření smlouvy s distributorem a nadbytečnou energii prodáváme do sítě.

Při výběru solárních panelů můžeme volit ze tří základních typů. Monokrystalických, polykrystalických a amorfních solárních panelů. Monokrystalické jsou dražší, náročnější na výrobu, ale nabízí vyšší výkony a jsou vhodné na místa se silným a vytrvalým slunečním svitem. Polykrystalické nabízí mírně menší účinnost, ale zvládají pracovat i při horších

světelných podmínkách a ostřejších úhlech. Vyprodukují tedy za den srovnatelné množství energie, ale ta je rozložena do více hodin. Amorfni mají nejmenší účinnost, ale mají jiný typ konstrukce, která je velmi lehká. Jsou tedy vhodné k umístění na velké budovy, kde by mohl být problém při zatížení normálními panely. My zvolíme polykrystalické panely. A protože nám jedna z dlouhých střech míří přímo na jih, budeme tyto panely orientovat tímto směrem.

Nyní již přichází čas na výběr solárních panelů a jejich dimenzování. Zvolen byly solární panely AS-EU-6P30 od výrobce Amerisolar. Je to polykrystalický solární panel o špičkovém výkonu 285 Wp, jmenovitém napětí 31,7 V a maximálním proudem při zátěži 9 A. Jedná se o panel s jedním z nejlepších poměrů ceny a výkonu, jež lze aktuálně na trhu najít. Výrobce udává záruku na produkt 20 let a záruku na pokles výkonu. 10 let maximálně o 10% a 30 let maximálně o 20% z jmenovitého výkonu. Pokud si zvolíme za cíl pokrytí odhadované průměrné denní spotřeby, tak pro získání počtu panelů musíme dosadit do vzorce (5-2). Kde n_{panel} je počet panelů a výsledek vždy zaokrouhlíme na celé číslo z pravidla nahoru, $P_{p,den}$ je odhadovaný průměrný spotřebovaný výkon za den, P_{mpp} je špičkový dodávaný výkon solárním panelem a t_{den} je průměrný počet slunečních hodin pro danou oblast. Teoretická denní produkce energie je dle vztahu (5-3). Instalovaný příkon panelů lze vypočítat dle vzorce (5-4). Nutné je také zohlednit plochu kterou panely zaberou, zde to činí přibližně 36 m². Tyto panely pro nejvyšší celoroční účinnosti však chceme umístit na jižní střechu. Zde jsem ale limitován plochou střechy, která nám může nabídnout plochu jen pro 19 panelů, tak aby bylo možno je naskládat vedle sebe. Proto opravené výsledky vyjdou $n_{panel} = 19$ ks, $P_{v,den} = 21,66$ kWh, $P_{in} = 5415$ Wp.

$$n_{panel} = \frac{P_{p,den}}{P_{mpp} \cdot t_{den}} = \frac{24650}{285 \cdot 4} = 21,62 \cong 22 \text{ ks} \rightarrow 19 \text{ ks} \quad (5-2)$$

$$P_{v,den} = n_{panel} \cdot P_{mnn} \cdot t_{den} = 22 \cdot 285 \cdot 4 = 25,08 \text{ kWh} \rightarrow 21,66 \text{ kWh} \quad (5-3)$$

$$P_{in} = n_{panel} \cdot P_{mnn} = 22 \cdot 285 = 6270 \text{ Wp} \rightarrow 5415 \text{ Wp} \quad (5-4)$$

Tím máme stanovený počet panelů a následuje volba nabíječe a hybridního střídače. Na trhu se však stále častěji objevují hybridní střídače, které již mají nabíječ v sobě integrovaný. Příkladem může být třífázový hybridní střídač GW10K-ET od společnosti GoodWe, který je schopný spolupracovat s naším řídicím systémem pomocí modulu Solar Monitor a příslušných knihoven. Tento hybridní střídač nabízí dostatečné výkony pro všechny fáze i rychlost dobíjení a dodávání přebytků zpět do sítě. Uvedená data vychází z dokumentace výrobce [76].

Pro námi zvolený hybridní střídač je přímo doporučený akumulátor Pylontech H48050. Jedná se o akumulátory o nominálním napětí 48 V a výkonu 2,4 kWh. Díky technologii akumulátoru LiFePO4 výrobce uvádí minimální počet vybíjecích cyklů na 4000 a konstrukční životnost přes 10 let při pokojové teplotě. Neobsahují ovšem integrovaný BMS systém, který je nutné připojit zvlášť. Ten nabízí systém Foxtrot. BMS se stará o rovnoměrné dobíjení baterií, chrání před přehřátím a podobně. Baterie je vhodné dimenzovat minimálně na maximální příkon panelů, ovšem pro splnění dotace je dán jeho 1,75násobek. Protože však nemáme jiný akumulační prvek mimo bojler, je vhodné provést dimenzování na hodnotu vyšší. My si zvolíme dvojnásobek maximálního příkonu fotovoltaických panelů. Výpočet pro volbu počtu baterií provedeme dle vzorce (5-5) a výsledek zaokrouhlíme na celé číslo.

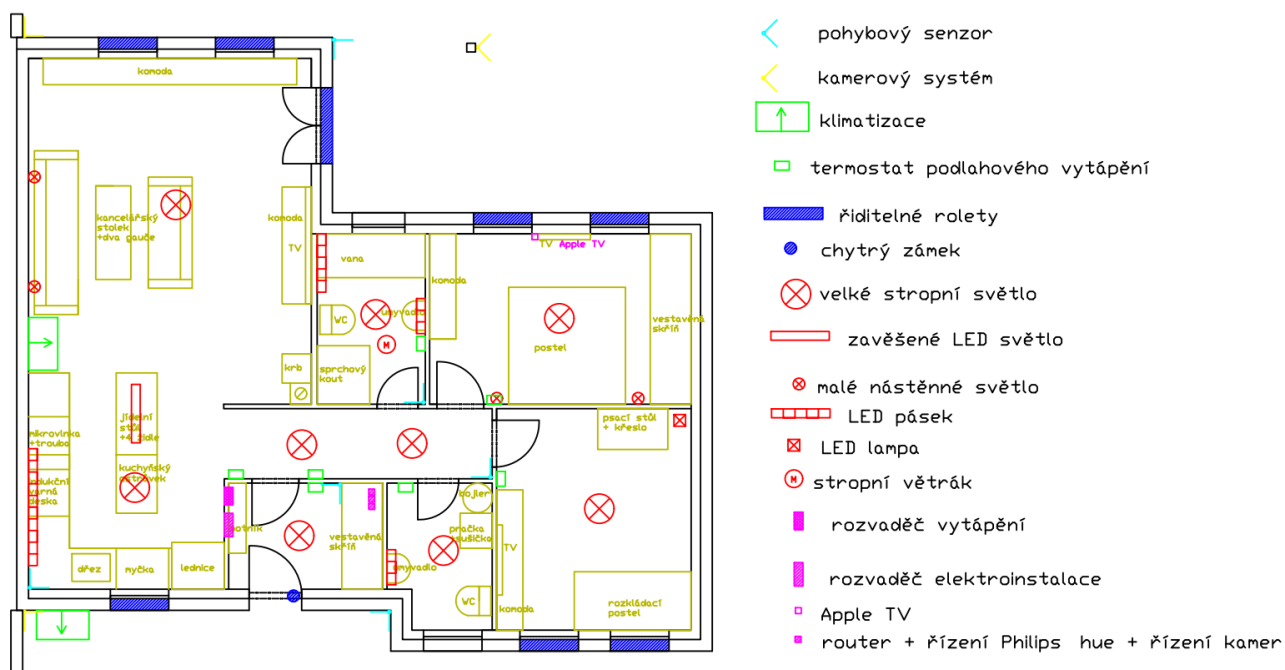
$$n_{bat} = \frac{P_{mnn} \cdot n_{panel}^2}{P_{bat}} = \frac{285 \cdot 19^2}{2400} = 4,51 \cong 5 \text{ ks} \quad (5-5)$$

P_{bat} udává výkon baterie. Od toho se také odvíjí investice do BMS modulů. Je tedy potřeba jeden řídicí modul C-BM-0202M a v počtu baterií moduly B-BM-0201X. Údaje dle dokumentace výrobce [77].

Solární panely nepokryjí 100% spotřeby domácnosti, neboť v zimních měsících produkce nebude dosahovat svého maxima, a naopak v letních lze očekávat nadprodukcí, protože panely dimenzujeme na střední hodnotu roční spotřeby. Díky uvažované smlouvě s distributorem je střední hodnota jako základ pro dimenzování u naší domácnost výhodný. Pokud bychom však uvažovali status mikrozdroje, bylo by vhodnější dimenzovat dle letní spotřeby. Případně bychom musel přidat další prostor pro následnou akumulaci energie, tak aby se předešlo přetokům. Stavby s fotovoltaickým solárním systéme jsou v dnešní době dotačně zvýhodněny. Pro fotovoltaické solární systémy je dotace Nová zelená úsporám, která nabízí dotaci 35.000 až 150.000 Kč, maximálně však 50 % z celkových vynklých výdajů. Tímto se však budeme více zabývat v kapitole 7.

5.3 Srovnání se současnou elektroinstalací

Jak již bylo uvedeno řídicí systém současné elektroinstalace se zakládá na systému HomeKit. To nabízí jisté výhody, ale i úskalí. V přehledové tabulce zde rozvedeme současné vybavení domu, komponenty systému HomeKit a ve zkratce si rozvedeme jeho funkce. Proti tomu postavíme alternativní elektroinstalaci zakládající se na systému Foxtrot a rozebereme si o jaké funkce elektroinstalaci rozšiřujeme. Zde je však snaha o zachování co největšího množství shodných prvků, tak abychom mohli porovnávat co nejvíce ze systémů samotných. Ovšem také budou přidány alternativní zdroje energie, které by měly vést k celkovému snížení dalších výdajů.



Obrázek 5-5 - Rozložení skutečné elektroinstalace

Na obrázku 5-5 můžeme vidět přesné rozložení jednotlivých prvků elektroinstalace v rámci současné domácnosti. Dále v tabulce 1 lze vyčíst, že v této domácnosti je osvětlení zřízeno

pomocí systému Philips Hue. To je systém pracující pod systémem HomeKit. Dále o teploty v domácnosti se starají termostaty od společnosti Tado. Také to je systém schopný pracovat pod standardem HomeKit a umí spínat řídicí relé podlahového vytápění. Za zmínku pak stojí největší spotřebiče od společností Samsung a Whirlpool. Ty ovšem žádný prvek komunikace s Apple HomeKit v sobě neobsahují až na klimatizaci. Ta prostřednictvím systému spolupracuje přímo s termostaty.

Tabulka 1 - Přehled skutečné elektroinstalace – seznam spotřebičů

PŘEHLED SKUTEČNÉ ELEKTROINSTALACE S APPLE HOMEKIT		
účel	produkt	počet ks
řídící jednotka	Apple TV HD	1
termostat	Tado Smart Thermostat	7
pohybový senzor	Philips Hue Motion Sensor	7
hlavní světlo	Philips Hue White Ambience Still Hue ceiling lamp black 1x27W	7
světlo nad jídelním stolem	Philips Hue White and color Ambience Ensis 40903/31/P9	1
lampa v pracovně	Philips Hue White and color Ambience Single 40802/48/P9	1
světla v obýváku	Philips Hue White and Color Ambience Resonate 17464/30/P7	2
řídící jednotka světla	Philips Hue Bridge 2.0, Apple Homekit kompaktní	1
LED pásek	Philips Hue LightStrip Plus v4	2
Chytrý zámek	Danalock V3 chytrý zámek bez cylindrické vložky - Bluetooth and Homekit	1
Robotický vysavač	iRobot Roomba e5	1
Router	Asus RT-AX58U	1
kamerový systém	Eufy EufyCam 2 Kit: 2xEufyCam + Eufy EufyCam 2 Single Cam	3
lednice	SAMSUNG RS67N8211B1/EF	1
myčka	WHIRLPOOL WBC 3C26 X	1
pračka	LG F104G1JCH2N	1
mikrovlonná trouba	WHIRLPOOL W9 MD260 IXL	1
trouba	WHIRLPOOL W COLLECTION W9 OM2 4MS2H	1
ventilátor	SAPHO LEX koupelnový ventilátor axiální, 15W, potrubí 100m, nerez	1
světlo koupelna	Philips Hue White and Color Ambience Daylo 17465/30/P7	2
bojler	DZ Dražice ohřívač vody svislý OKCE 160	1
LED lampa	Philips Hue 53090/30/P8 nástěnné bodové svítidlo runner 220-6500 1x5,5W	2
zrcadlo s LED páskem	LED zrcadlo do koupelny MIA	2
podlahového topení	Elektrické podlahové topení	1
klimatizace	Samsung Wind-Free Comfort AR12TXFCWKNEU 3.5kW	1
varná konvice	Electroc kettle BH-9050	1
TV 1	televize 75" Samsung UE75RU7022	1
TV 2	televize 55" LG OLED55B9PLA	1
TV 3	Televize 43" LG 43UM7100PLB	1
sporák	Whirlpool WL B8160 NE	1
řiditelné rolety	Shelly 2.5 pro Apple Homekit	8

O rolety se starají pohony Shelly, které přímo komunikují s řídicí jednotkou. Spínání některých osvětlení například na chodbě řídí pohybové senzory opět od společnosti Philips. Jsou nastaveny tak, že jsou zařazeny pod řídicí jednotku Philips Hue, která je podřízena systému Apple HomeKit. Pod hlavním systémem dále ještě můžeme nalézt chytrý zámek, kamerový systém a robotický vysavač. Jak již je u systému HomeKit standardem i tyto spotřebiče

jednotlivých výrobců běží pod vlastním protokolem a dle normovaných příkazů komunikují s řídicím systémem a tím dále i se zákazníkem.

Z výše uvedených údajů můžeme vyvodit, že Apple HomeKit je jen pojící standard, který usnadňuje uživateli ovládání přístrojů a spotřebičů z jednoho přístupového bodu a usnadňuje jejich vzájemnou spolupráci. Velká většina komunikace probíhá bezdrátově přes Wi-Fi, v některých případech i Bluetooth. Na to je potřeba brát při návrhu zřetel a je potřeba pořídit router, nebo jejich soustavu, jež zvládne pod sebou současně připojit takové množství zařízení. V této domácnosti byl zvolen výkonný router Asus RT-AX58U. Přesto se však nacházíme na pokraji jeho schopností. V blízké budoucnosti tedy pravděpodobně dojde ke koupi druhého routeru, který bude přímo propojen s tímto a převezme polovinu zařízení.

Alternativní elektroinstalace bude rozdělena do následujících tří tabulek. V jedné budou spotřebiče, které přetrvávají ze současného systému, aby se zachovala co největší srovnatelnost se současným systémem. V další budou prvky systému Foxtrot. A v poslední můžeme nalézt nové spotřebiče jako osvětlení anebo solární panely. Jednotlivé nové produkty byly voleny tak, aby byly vhodnou odpovídající náhradou za současný systém. Navíc tu je přidán fotovoltaický systém a ovládání hlavního uzávěru vody s detekcí úniku vody. Bojler má jen energetickou třídu C, ale výrobce v dokumentaci udává možnost základního řízení ohřevu, proto byl ponechán. Klimatizace od společnosti Samsung je možné připojit pomocí knihovny od výrobce přímo se systémem Foxtrot. Ovšem je nutné tuto knihovnu zvlášť zakoupit. Nejedná se však o velkou investici. Finanční otázka bude probrána v kapitole 7.

Tabulka 2 - Přehled nezměněných spotřebičů – seznam spotřebičů

SYSTÉM FOXTROT: PŘEHLED SPOTŘEBIČŮ, KTERÉ ZŮSTANOU PŮVODNÍ		
účel	produkt	počet ks
ventilátor	SAPHO LEX koupelnový ventilátor axiální, 15W, potrubí 100m, nerez	1
LED pásy se zrcadlem	LED zrcadlo do koupelny MIA	2
klimatizace	Samsung Wind-Free Comfort AR12TXFCAWKNEU 3.5kW	1
podlahové vytápění	Elektrické podlahové topení	1
bojler	DZ Dražice ohříváč vody svislý OKCE 160	1
pračka + sušička	LG F104G1JCH2N	1
lednice	SAMSUNG RS67N8211B1/EF	1
trouba	WHIRLPOOL W COLLECTION W9 OM2 4MS2H	1
mikrovlňka	WHIRLPOOL W9 MD260 IXL	1
myčka	WHIRLPOOL WBC 3C26 X	1
sporák	Whirlpool WL B8160 NE	1
varná konvice	Electroc kettle BH-9050	1
chytrý zámek	Danalock V3 chytrý zámek bez cylindrické vložky - Bluetooth and Homekit	1
robotický vysavač	iRobot Roomba e5	1
router	Asus RT-AX58U	1
kamerový systém	Eufy EufyCam 2 Kit: 2xEufyCam + Eufy EufyCam 2 Single Cam	3
TV 1	televize 75" Samsung UE75RU7022	1
TV 2	televize 55" LG OLED55B9PLA	1
TV 3	Televize 43" LG 43UM7100PLB	1

Osvětlení bylo voleno, tak aby odpovídalo současnému. Avšak protože řízení provádí řídicí jednotka pomocí reléových modulů, bylo možné vybrat běžné produkty bez číslicových obvodů. Všechna světla byla volena jako LED, stejně jako ve vzorové elektroinstalaci, tedy až na lampy nad postelí v ložnici. Zde byly zvoleny halogenové žárovky, neboť produkují menší množství modrého světla. Protože se dá očekávat, že tyto lampy jsou užívány hlavně před spaním, dají se z toho vyvodit jisté zdravotní benefity pro uživatele.

Tabulka 3 - Moduly z katalogu společnosti TECO – seznam spotřebičů

SYSTÉM FOXTROT: MODULY VÝROBCE TECO		
účel	produkt	počet ks
řídicí jednotka	Foxtrot CP-1091	1
napájecí jednotka	HDR-60-24	1
elektroměr	C-EM-0401M	1
řízení BMS	C-BM-0202M	1
senzor BMS	B-BM-0201X	9
řízení podlahového vytápění	C-OR-0008M	1
řízení ventilátoru	C-VT-0102B	1
vstupy pohybových senzorů	C-WG-0503S	2
vypínače jednoduché	C-WS-0200R (ABB)	9
vypínače dvojité	C-WS-0400R (ABB)	11
řízení žaluzií	C-JC-0006M	3
modul řízení bojleru	C-IR-0203M	1
řízení osvětlení	C-OR-0011M-800	2

Tabulka 4 - Nové spotřebiče, senzory a aktory dalších výrobců – seznam spotřebičů

SYSTÉM FOXTROT: DALŠÍ SPOTŘEBIČE, SENZORY A AKTORY		
účel	Produkt	počet ks
uzávěr vody	CWX-15-24	1
solární panely	Amerisolar AS-EU-6P30	19
baterie	Pylotech H48050	9
3f hybridní střídač	GoodWe GW10K-ET	1
pohybový senzor	Elite-QD	10
pohon žaluzií	Somfy J406WT	8
čidlo teploty bojler	Sk2PA-2SS-1	1
čidlo teploty místnost	SK8NTC12k-2PS-1	7
senzor zaplavení	F1-P záplavová sonda	3
hlavní lustr	Eglo 32446 - LED stropní svítidlo FUEVA 1 LED/24W/230V	7
koupelna lustr	LED koupelnové stropní svítidlo ADAR LED 13W/230 IP44 4000K	2
lampa pracovna	EGLO 98498 - LED stojací lampa SPADAFORA LED/25W/230V	1
lampa zeď ložnice	Rabalux - bodové svítidlo 1xE14/40W/230V	2
svítidlo lampa zeď ložnice	halogenová žárovka E14/28W/230V	2
LED pásek	EGLO 98295 - LED Stmívatelný pásek stripe-A LED/9W/230V	2
lustr jídelní stůl	EGLO 93353 - LED lustr na lanku PARAMO LED 18W/230V	1
nástěnné lampy obývací	Philips 33012/17/PN - LED Nástěnné svítidlo GABARDINE 2xGU10/6W/230V	2
řízení solárních panelů	SolarMonitor SM2-MU-Basic	1
komunikační SW	komunikační driver pro Air Conditioner Samsung	1

Chytrý zámek a kamerový systém nebyly vyměněny, neboť v systému Foxtrot nemají přímo svou ekvivalentu, ale bylo v zájmu tyto funkce v domácnosti zachovat. Foxtrot však tyto produkty nijak neovlivní a budou fungovat autonomně ve vlastní aplikaci v chytrém telefonu uživatele. Obdobně tomu tak je i s robotickým vysavačem.

Při návrhu došlo ke kontrole realizovatelnosti zvoleného zapojení systému Foxtrot. Tím je myšleno zda-li je možné takovýto rozsah instalace k modulu připojit a jestli nedošlo k přeplnění sběrnic. Jestli je dimenzován dostatečný počet vstupů a výstupů, nebo jestli vzdálenosti na kterých je instalace realizována nepřesahují maximální možnosti sběrnic. Výsledkem je, že tato instalace by měla být realizovatelná a v praxi funkční.

6 Programování v prostředí Mosaic

Tato část práce se zabývá krátkým uvedením programovacího prostředí určeného k psaní programů pro PLC Foxtrot a představením návrhů algoritmů určených pro řízení simulace domácnosti.

Programování probíhá v programu Mosaic. Pro tuto práci byl konkrétně použit ve verzi 2020.2. Výchozími zdroji pro kapitolu a závěrečný program jsou příručky *Programování PLC podle normy IEC 61 131-3 v prostředí Mosaic* [73], *Nástroj WebMaker* [74] a *Začínáme v prostředí Mosaic* [75] vytvořené společností Teco pro snazší zorientování v jejich programovacím prostředí.

6.1 Programování dle IEC 61 131

Norma IEC 61 131 byla vytvořena za účelem shrnutí základních požadavků moderních řídicích systémů. Jednou z hlavních motivací jejího vytvoření byla definice určitého standardu, tak aby více výrobců mohlo vytvářet zařízení, která mezi sebou mohou komunikovat a spolupracovat. Následně s tím, aby programátoři a projektanti měli snazší přechod mezi produkty různých výrobců. Z toho vyplývá, že řídicí jednotka od společnosti Teco může přijímat vstupní informace od vypínače z dílen ABB nebo, že na stejné řídicí jednotce lze spustit řídicí program napsaný ve vývojovém prostředí pro PLC od výrobce Rockwell Automation.

Námi popisovaná norma má více částí, ovšem pro nás v tuto chvíli nejdůležitější je IEC 61 131-3 Programovatelné řídicí jednotky – Část 3: Programovací jazyky. Tato norma umožňuje práci v šesti programovacích jazycích, které zde budou ve zkratce rozebrány. Vhodné je zde zmínit že jednotlivé programovací jazyky je možné kombinovat mezi sebou. Neboť programátor může vytvořit hlavní cyklicky běžící program v jednom jazyce, ale do něj přidá podprogramy napsané v jakémkoliv jiném. Zde je přehled všech programovacích jazyků:

IL, nebo-li instruction list je základním textovým programovacím jazykem. Programátor zde píše sekvence instrukcí, z nichž je každá na novém řádku. Je zde vysoká úroveň kontroly programu a možnosti projevu myšlenek. Na úkor toho se ztrácí rychle přehlednost a je nutné znát větší množství příkazů.

ST, tedy structured text. Jedná se o textový vyšší programovací jazyk vycházející z principů jazyků C a Pascal. Je zvláště pak vhodný pro definování komplikovaných funkčních bloků, práci s daty, řetězci, nebo algoritmy. Práce v něm je poměrně rychlá a efektivní. U složitějších struktur se však může ztratit přehlednost.

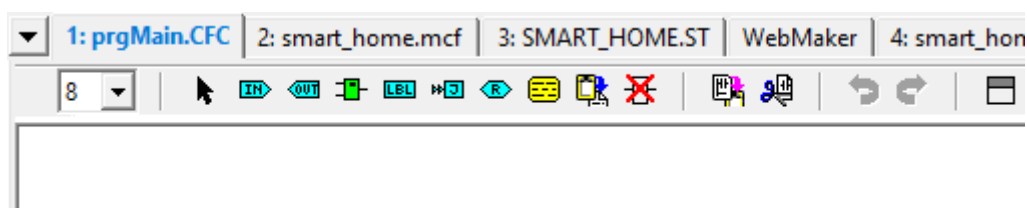
LD, čili ladder diagram. Grafický jazyk vycházející z principů reléové logiky. Ideální pro provádění jednodušších úkolů. Při rozsáhlejších projektech lze rychle ztratit přehlednost. Programování v něm je však velmi intuitivní a vhodné i pro méně zkušené programátory

FBD, alias function block diagram. Grafický jazyk, který pracuje na principu propojování funkčních bloků, logických funkcí a jejich kombinací. Práce v tomto jazyku je snadná a přehledná. Tím je však omezeno provádění složitějších úkonů.

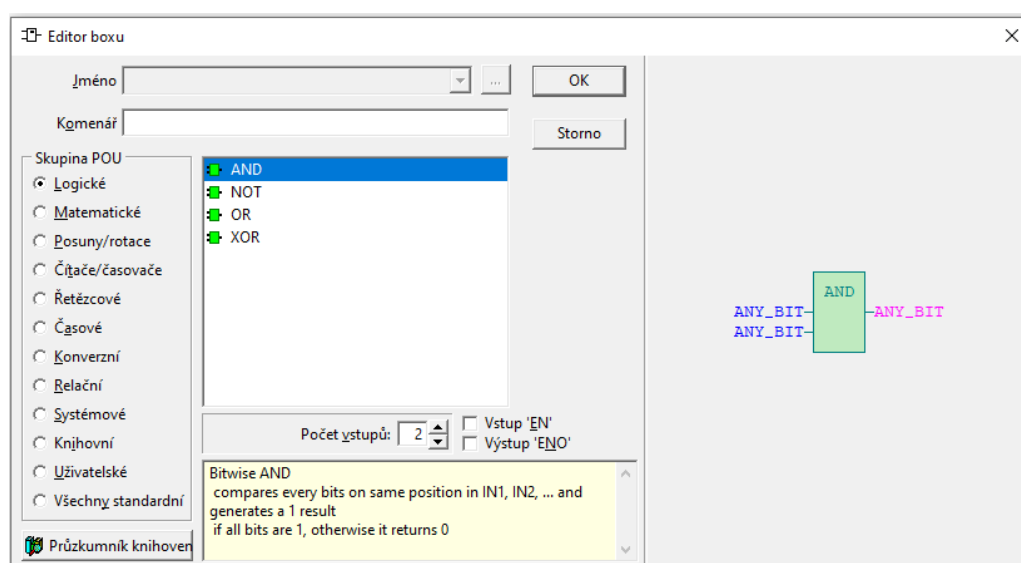
SFC, celým názvem sequential function chart. Tento jazyk popisuje sekvenční chování řídicího programu. Základ má v symbolice Petriho sítí. Je ideální pro složité projekty, kdy jeho úlohou je rozložení programu na více menších částí, které jsou již zvládnutelné v rámci jiných jazyků. Není však příliš vhodný pro přímou realizaci.

CFC, je posledním programovacím jazykem z dostupného výčtu možných. Svým celým názvem se jmenuje continuous function chart. Má mnoho společných vlastností s grafickým jazykem FBD, kdy se jedná spíše o jeho upravenou alternativu s menším množstvím formálních náležitostí při jeho psaní. Existují ovšem programovací prostředí, do kterých tento jazyk ještě není zařazen. Dochází zde k propojování bloků připodobněných k HW zapojení. Práce v něm je poměrně jednoduchá a přehledná. Ideální je zvláště pro jednodušší programy.

Táto práce bude prováděna v rámci programovacího jazyku CFC, neboť je snadný pro prvotní zorientování a lze jej jeho logikou připodobnit k zapojování elektrických schémat. Základy práce v něm zde budou nyní ve zkratce nastíněny. Pro práci v založeném programu je pro nás nejdůležitější samotná pracovní plocha a dvě lišty nad ní, které můžeme vidět na obrázku 6-1. V horním řádku lze vidět jednotlivé programy s koncovkami podle svého založení a v řádku pod tím jsou ovládací prvky konkrétního otevřeného programu. Nejdůležitějšími je pět krajních. Prvním je roleta, jež jde rozbalit a pomocí ní se provádí přiblížení a oddálení programu. Následuje kurzor pro pohyb v programu a posun bloků. Jako třetí zde máme blok definující vstupní proměnnou. Tu programátor umístí, poté se otevře okno pro její definici, kde ještě navolí její datový typ a další vlastnosti. Čtvrtým blokem je Výstupní proměnná. Tyto proměnné slouží ať k ovlivňování fyzických objektů, jako je motor či světlo, tak i těch digitálních. Například přenos informace mezi nadřazeným a podřazeným programem. A poslední s z našeho pro nás podstatného výčtu je políčko pro vložení POU. Pomocí toho můžeme vybírat z editoru boxu konkrétní bloky, tak abychom dosáhli chtěného výsledku. Editor bloků můžeme vidět na obrázku 6-2.

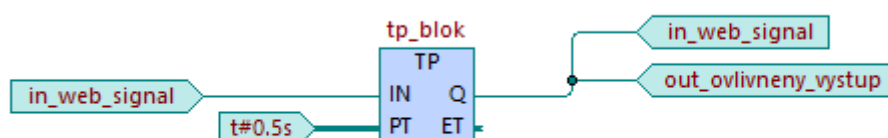


Obrázek 6-1 - Ukázka hlavního ovládacího rozhraní jazyka CFC v SW Mosaic



Obrázek 6-2 - Ukázka Editoru bloků v SW Mosaic

Na následujícím obrázku 6-3 lze vidět praktickou ukázkou práce v jazyce CFC. Jedná se o ošetření webového tlačítka vytvořeného pomocí nástroje Webkamer. Tento typ tlačítka změní vstupní proměnnou na logickou hodnotu 1, ale neprovede poté změnu hodnoty zpět na logickou 0, tedy je nutné provést SW ošetření. Jedním z možných řešení je to uvedené na obrázku, kdy vstupní proměnná přivádí signál na blok TP. Do vstupu PT je současně přivedena časová konstanta 0,5 s. Tento blok provede přenos vstupu na výstup po dobu časové konstanty a poté výstup vynuluje. Protože je náš vstup vyveden také i jako výstup, dojde po uplynutí času k jeho vynulování, ale přitom dojde i k předání logiky dál na výstup, tedy na vstupy dalších logických bloků dle potřeby.



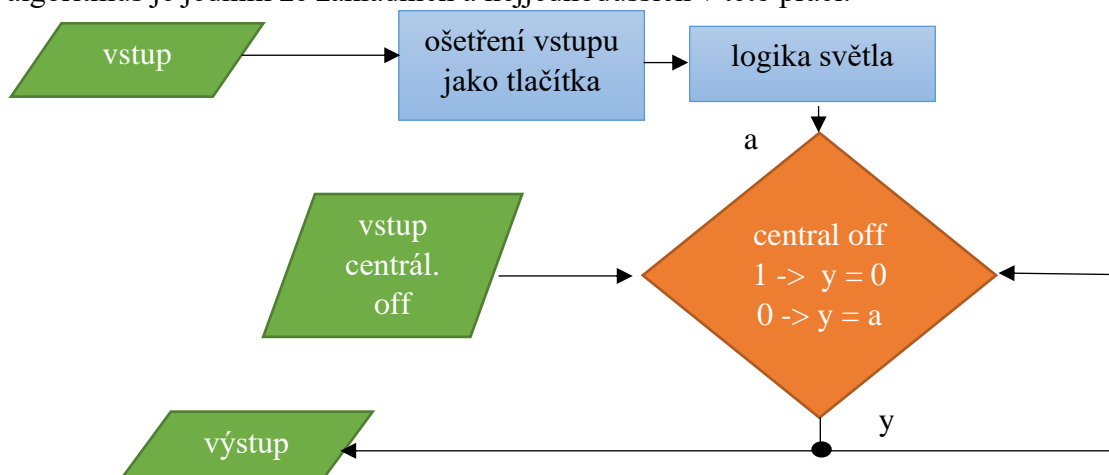
Obrázek 6-3 - Představení práce v jazyce CFC v SW Mosaic

6.2 Návrh algoritmů

Tato podkapitola je zaměřena na návrh algoritmů, které jsou aplikovány do praktické části virtuální domácnosti simulované v rámci programu Mosaic. Simulace pohybu osob je však obtížně proveditelná na úrovni simulace Proto o ní bude jen zmínka, jak by ji bylo možné realizovat v praxi. V samotném programu se ale neobjeví. Jednotlivé tyto části jsou tvořeny tak, aby zvyšovaly komfort domácnosti a současně zvyšovaly i její efektivitu. Tedy aby zvedaly míru využití energií. Tím je například myšleno vypnutí osvětlení po odchodu všech osob z domácnosti, snížení teploty při nepřítomnosti osob, využívání obnovitelných zdrojů, nebo akumulace energie z nich. Tyto dílčí úspory se mohou na první pohled jevit jako nevýznamné, ale z dlouhodobého hlediska se jednoznačně projeví. Bohužel je v tyto chvíli nedokážeme vyčíslit a odvíjí se od každého uživatele individuálně dle jeho vlastního přístupu.

6.2.1 Řízení osvětlení

V rámci tohoto odstavce se budeme zabývat návrhem algoritmu řízení světla. Tento algoritmus je jedním ze základních a nejjednodušších v této práci.



Obrázek 6-4 - Algoritmus logiky řízení osvětlení, nebo dvoustavového spínání

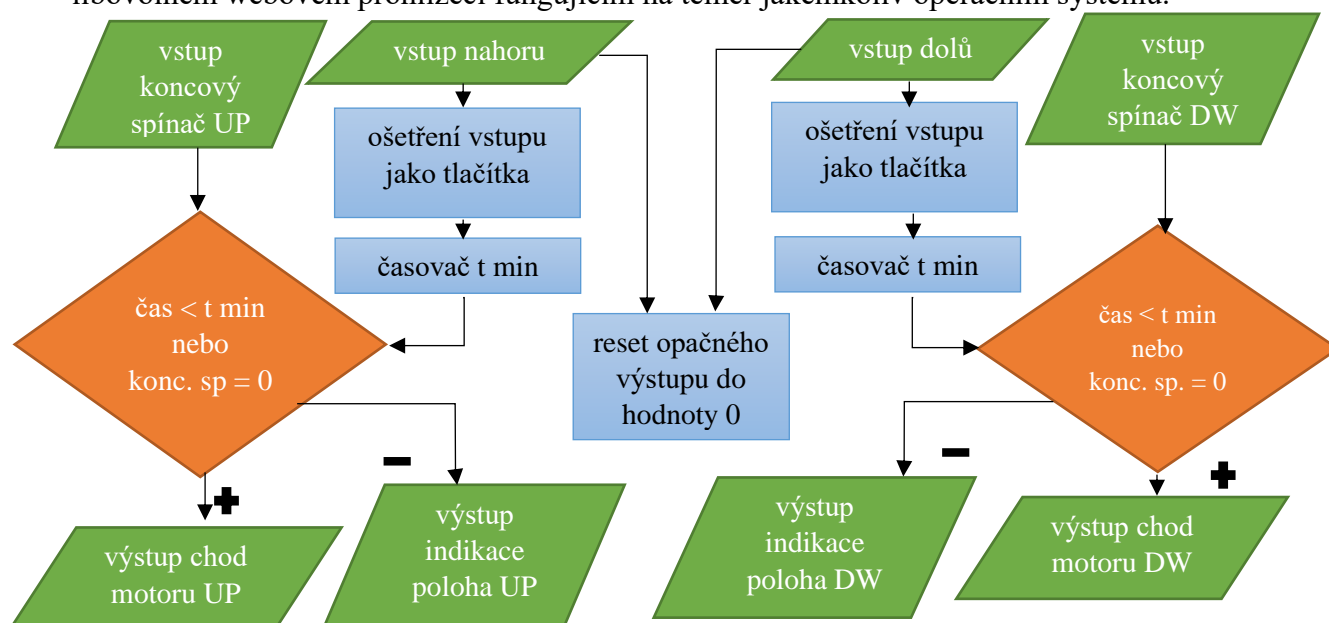
Nyní si ve zkratce rozebereme výše uvedenou logiku algoritmu. V první části dochází k ošetření vstupu. K tomu dochází například pomocí bloku TP pro ošetření webového tlačítka, nebo pomocí bloku R_trig, který zajistí odeslání logické jedničky jako náběžné hrany. Díky ošetření tlačítkem R_trig nemusíme rozlišovat fyzické a webové tlačítko, nebo délku stisku skutečného tlačítka. Ten zaznamenáme jen pro jeden cyklus. Dále samotná logika světla lze zrealizovat například pomocí zpětnovazebně zapojeného bloku XOR. Neboť ten prvním sepnutím přivede na výstup logickou jedničku a opětovným vybuzením díky zpětné vazbě dál pošle logickou nulu. Posledním blokem je podmínka určená k blokaci logiky světla. Tu můžeme realizovat například blokem SEL zavedený za výstup bloku XOR před oddělení zpětné vazby. Při přivedení logické jedničky na SEL blok dojde k přerušení přenosu hodnoty uložené ve zpětné vazbě a namísto toho vyneseme logickou nulu.

Pomocí této jednoduché logiky můžeme provést řízení světla, přičemž máme druhý vstup, na který mohou být přivedeny příkazy centrálního zhasnutí, nebo třeba zhasnutí při odchodu osob z budovy za účele úspory energie.

Tímto programem s drobnou úpravou lze ovládat i zásuvky, a tedy i některé spotřebiče, které jsou na takovýto způsob regulace přizpůsobeny. Případně tato regulace lze použít v případech krajní nouze, jako je omezení spotřeby u méně důležitých spotřebičů při výpadku elektřiny.

6.2.2 Ovládání rolet

Ovládání rolet není součástí energeticky úsporných algoritmů. Ovšem je to jedním z prvků původní domácnosti a jeden z důležitých prvků komfortu. Z toho důvodu zde bude navržen algoritmus i pro jejich řízení. Bude zde ovšem docházet k řízení jen pro plné vytažení, nebo plné zatmění. Neboť rozhraní WebMaker není vybaven funkcí na rozlišení dlouhého a krátkého stisku. Příčinou je skutečnost že vývojáři zamýšleli jeho využitelnost na téměř libovolném webovém prohlížeči fungujícím na téměř jakémkoliv operačním systému.

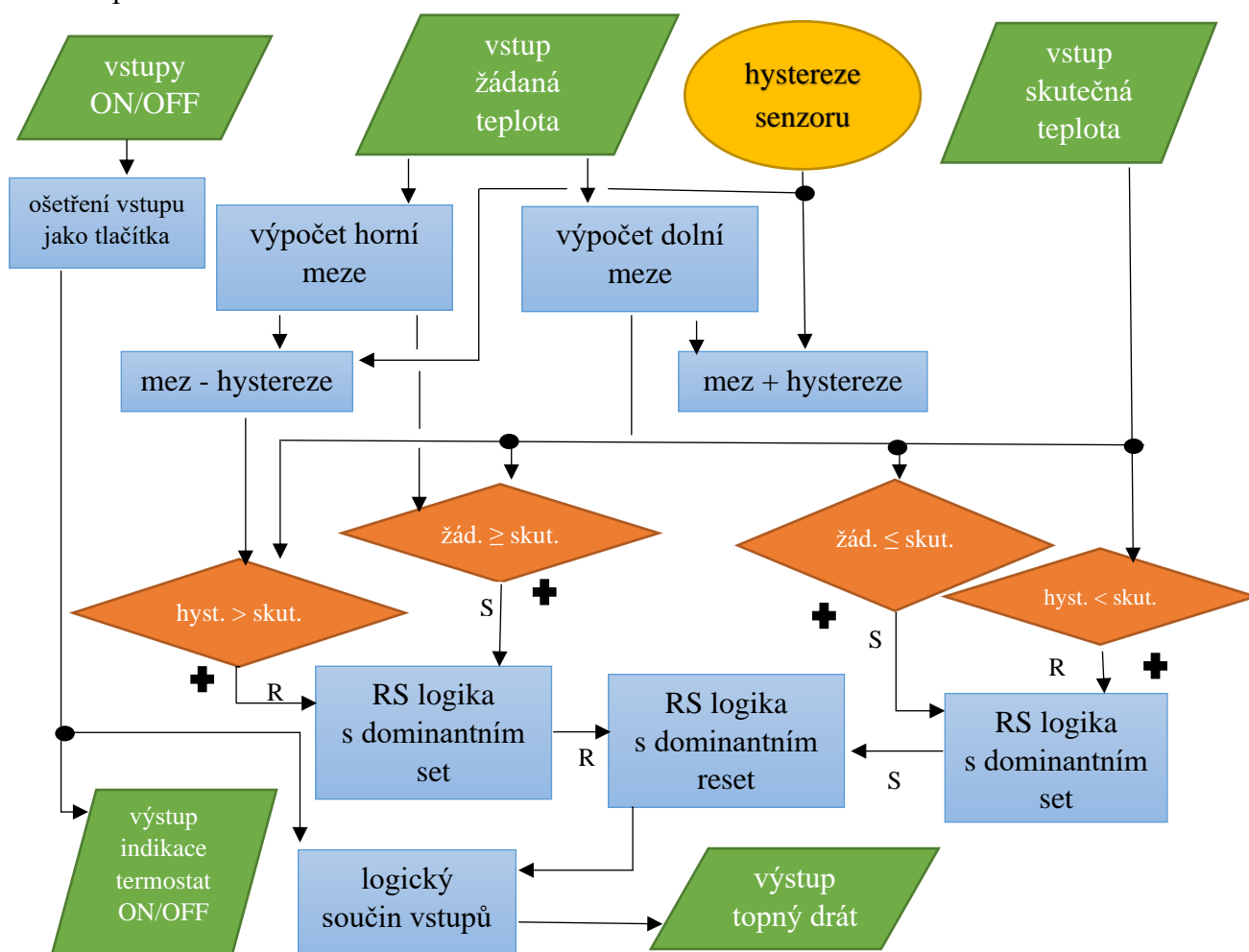


Obrázek 6-5 - Algoritmus ovládání rolet

Tento program je zdvojený pro chod nahoru a dolů. Máme zde dvojici výstupů a vstupů. Jeden vstup přijímá signál od uživatele, aby došlo ke změně polohy rolet. Vytažení či zatažení rolet by mělo trvat přibližně minutu. Ovšem pro jasnou indikaci, že došlo k dosažení konečné polohy slouží koncová tlačítka, která jsou již nainstalována ve fyzické domácnosti. Máme zde tedy přenos vstupního buzení, které budí výstup, dokud nedojde ke splnění jedné z podmínek a nedojde k sepnutí indikace. Tento přenos je možné tvořit pomocí RS bloku, kdy vstup blok setuje a splnění podmínek resetuje. O odstavec výše je uvedeno, že není možné řídit polohu do jaké se rolety zatahnou. To není úplně pravdou, pokud bychom znali například čas pro posun rolet o $\frac{1}{4}$, tak by šlo tímto provádět řízené změny polohy. V simulaci toto ovšem nemá příliš smysl, a tak tedy v modelu dochází ke změně algoritmu čas je nastaven na fixní jednu minutu a k sepnutí koncového spínače dojde ve chvíli dosažení výstupní signalizace.

6.2.3 Termostaty a řízení vytápění, bojleru a klimatizace

Vnitřní logika řízení topení a bojleru je stejná, jen dochází k posunu mezí a hystereze. Řízení klimatizace pro chlazení je logikou také v podstatě totožné, jen jsou obráceny podmínky. Algoritmus si však nastíníme pro klasické topení. Základní myšlenou tohoto algoritmu je skutečnost, že dochází k sepnutí výstupu na vytápění, poté teplota vystoupá až dosáhne horní meze, kde dojde k vypnutí vytápění a takto se to opakuje. My zde ovšem musíme uvážit nepřesnost teplotních senzorů, tedy je nutné přidat hysterezní oblast, ve které provádíme rozepnutí budící akce.

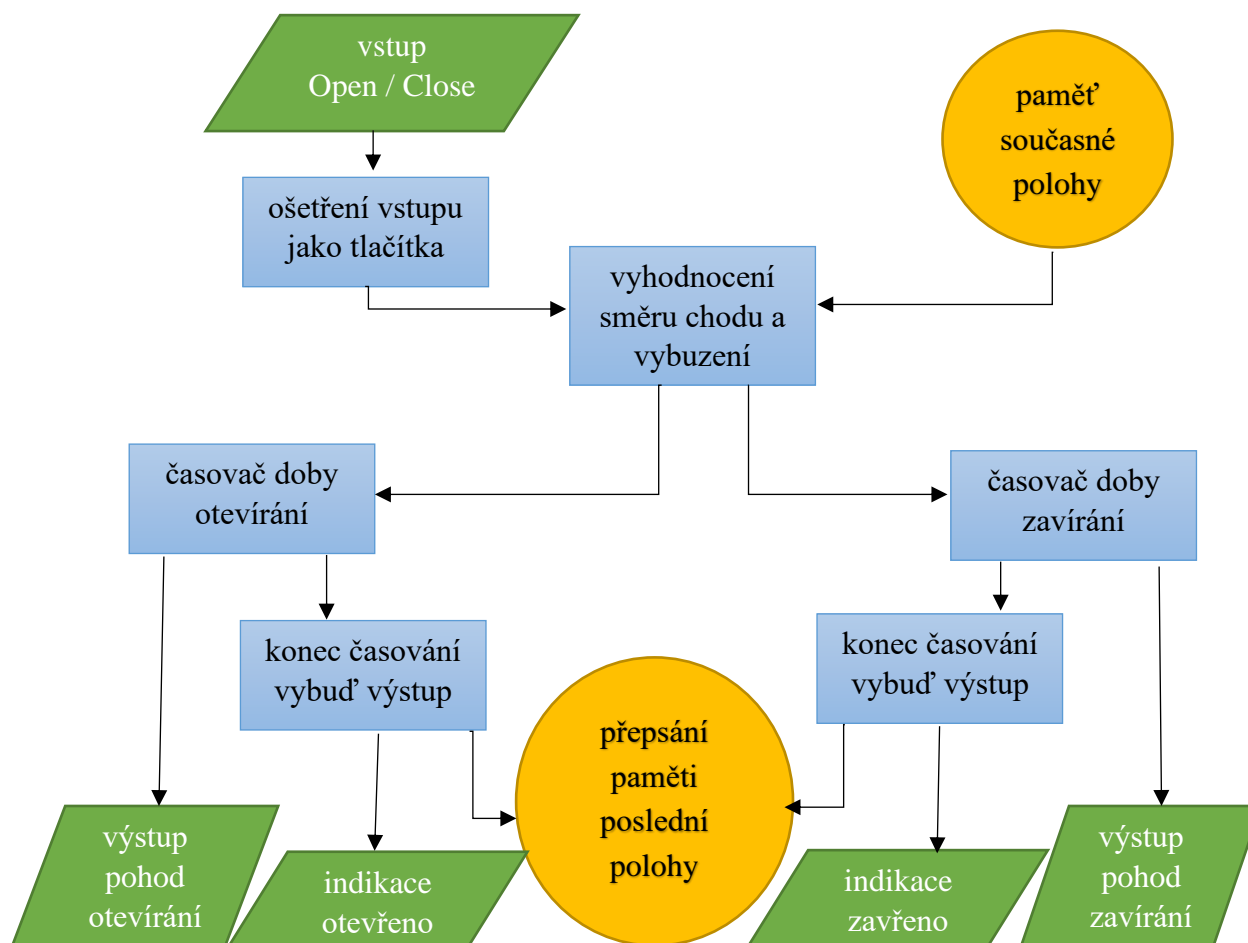


Obrázek 6-6 - Algoritmus řízení termostatu

V této části programu se systém úspory energie může projevit díky monitorování přítomnosti osob pro topení a klimatizaci. Tedy pokud dojde k vyhodnocení nepřítomnosti osob, lze provést snížení žádané teploty. Dále by bylo možná například nastavovat vytápění dle určitých časů, kdy očekáváme příchod obyvatel do domácnosti. Toto ovšem nemá až takové opodstatnění, neboť zde je nainstalované podlahové vytápění odporovými vodiči, tedy rychlost odezvy je velmi vysoká. Pro bojler, nebo akumulaci nádrž můžeme provádět energetický management v podobě regulace spodní hodnoty teploty pro sepnutí vyhřívání vody. Máme-li energetický nadbytek, můžeme urychlit cyklus vytápění a část energie uschovat zde. Je to výrazně výhodnější než vytápění elektřinou z distribuční sítě.

6.2.4 Řízení hlavního uzávěru vody

Tato část SW i příslušný HW je oproti skutečné elektroinstalaci kompletně navíc. Ovšem je to jedna z částí, která má skutečně smysl. Na první pohled by se mohlo zdát, že to s energetickým management nemá až tak příliš společného. Ovšem energetický management je princip úsporného řízení všech energií v budově. A základní kontrola nad vodou je ochrana před jejím únikem. Proto v návrhu je počítáno s umístěním sond, které hlídají únik vody do všech místností, kde by k tomu reálně mohlo docházet. Skutečnost, že uživatel odejde na půl dne do práce nebo dokonce na týden na dovolenou a během této doby dojde k poruše u pračky nebo myčky není nijak nereálná. Můžeme tak snížit dopady havárie, a ještě je zde možnost upozornit uživatele, aby tento stav začal co nejdříve řešit a minimalizoval případné škody. Jako drobný benefit je možnost uzavření hlavní uzávěru odkudkoliv na dálku.



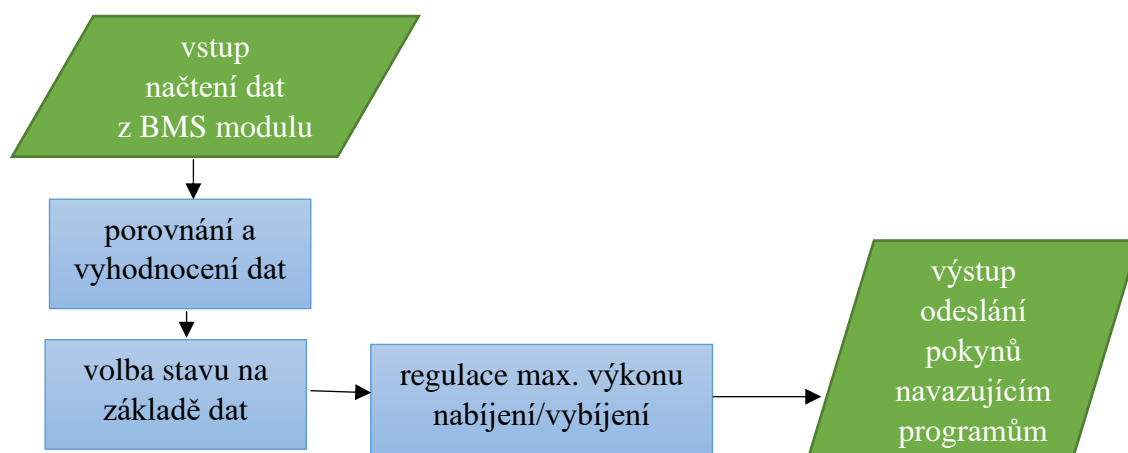
Obrázek 6-7 - Algoritmus řízení uzávěru vody

Řízení hlavního uzávěru vody je ovšem jen odrazovým můstkem. Toto by šlo dále rozvinout například na úroveň monitorování průtoku vody v potrubí. V případě, že dochází k nadstandardně dlouhodobému průtoku vody v potrubí před WC, šlo by z toho vyhodnotit stav protékajícího záchodu a upozornit uživatele. Pro samotnou komunikaci s ním by bylo vhodné provázat program s aplikací vyvinutou společností Teco na toto určenou. Ta má další benefit, neboť přes zkratky jde následně provázat s rozhraním chytré domácnosti společnosti Apple, nebo Google. Tedy uživatel může v omezené míře provázat ekosystém Apple HomeKit s programem běžícím na PLC Foxtrot.

6.2.5 Management baterií a solárních panelů

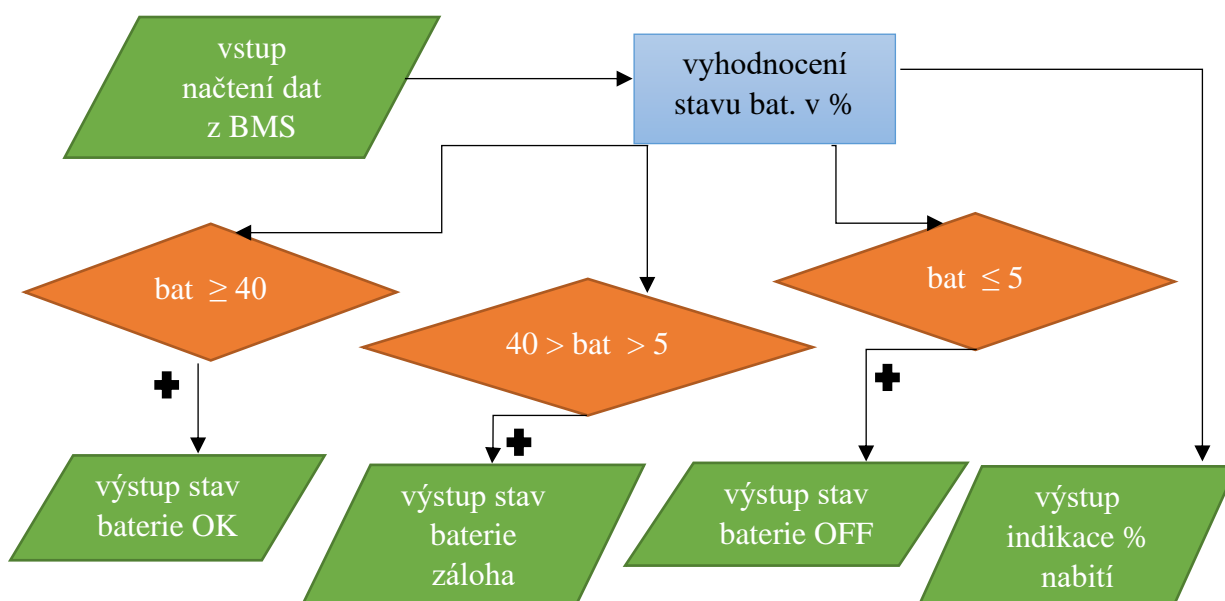
O tuto část se převážně automaticky stará hybridní střídač, který ovládáme pomocí modulu Solar Monitor. O baterie samotné se stará systém BMS, který vyrovnává míru dobití a hlídá jestli se nepřehřívají. Následně dochází k jejich ochraně, aby nedošlo k jejich přetížení s tím k trvalému poškození. Programátor ovšem musí provést řízení jednotlivých částí a zabezpečit, aby nedošlo například k přebití baterií. Nebo když dochází k nadprodukcí, tak aby došlo ke správnému nakládání s nadbytečnou energií. Tomu je však věnována kapitola 6.2.7. V řízení baterií je nutné provést načtení jejich stavu z příslušného modulu, aktuální stav vyhodnotit a dle toho provést řízení hybridního střídače. Tato data lze případně ukládat a dlouhodobě monitorovat. Ovládání panelů je výrazně jednodušší. U nich jen monitorujeme jejich aktuální dodávaný výkon, dle toho vyhodnocujeme nadbytek potažmo nedostatek energie a řídíme toky energií. Tato data lze případně ukládat a vyhodnocovat. V praktické části je toto zjednodušeno, neboť implementace příkazů k načtení, nebo ukládání dat mají zde omezený smysl. Do praxe by ovšem stačilo tuto vstupní myšlenku rozvést pomocí knihoven dostupných přímo od vývojářů.

Tato část se skládá z více spolupracujících skriptů. Prvním je vyhodnocení nabíjecího a vybíjecího proudu baterií na základě dat z BMS. V simulované domácnosti je toto zjednodušeno již na výsledný výkon, který odpovídá pěti stavům. Pracujeme s výkonem, protože je napětí konstantní, tak změna výkonu je úměrná změně proudu. Dále volba stavu dle teploty je zjednodušena. Z důvodu že by docházelo jen k monitorování teplot a na základě vzrůstu teploty nad určitou mez, by došlo k vyhodnocení změny stavu. Z toho by poté vycházely důsledky jako regulace výkonu nebo aktivace chlazení.



Obrázek 6-8 - Algoritmus řízení BMS

Další součástí je vyhodnocení stavu baterie. Zde opět vyházím z dat, které exportuje modul BMS. To je důležité, neboť výsledky přímo ovlivňují energetický management celé budovy. Baterie má pro maximální životnost doporučenou určitou míru nabití, pod kterou bychom neměli za běžných okolností chodit. Tato hodnota činí 20 % nabití. Pro náš program jsme baterii rozdělili do tří stavů. Prvním je stav baterie OK, kdy je nabitá mezi 100 až 40 %. Druhým stavem je baterie záloha, tento stav slouží jako minimum dostupné pro krajní situace jako výpadek energie tak, aby základní spotřebiče a funkce v domě mohly být funkční. Posledním stavem je baterie OFF. Dochází k němu při dosažení kapacity 5 %. Omezuje chod většiny domácnosti a drží v chodu primárně jen řídicí systém.



Obrázek 6-9 - Algoritmus vyhodnocení stavu baterie

Dále dochází k sepnutí nabíjení, nebo vybíjení. K tomu ale dochází na základě stavů, kterými se budeme zabývat v kapitole 6.2.7.

Posledním je vyhodnocení dodávaného výkonu panely. Tento údaj načítáme z příslušného modulu, který komunikuje se střídačem. Může se to tedy zdát zbytečné, pro nás to je ovšem zásadní informace, která následně ovlivňuje jednotlivé stavy v kapitole 6.2.7.



Obrázek 6-10 - Algoritmus načítání dat z modulu Solar Monitor

6.2.6 Snímání přítomnosti osob v budově

Systém provádějící kontrolu přítomnosti osob v budově lze principiálně provést několika způsoby. V dnešní době téměř každý nosí při sobě svůj chytrý mobilní telefon. Jeho přítomnost na domácí Wi-Fi síti je jednou z možných indikací přítomnosti osoby. Zde je ovšem nutné provést ošetření pro stavy jako je návštěva, která nemusí být připojena k síti. Pro to jsou

po domě rozmístěny pohybové senzory. Jednak mohou zjednodušovat spínání světla ve společných prostorách jako je chodba, ale také mohou dávat informace o pohybu. Pokud vyjdeme z toho, že pro přístup do budovy používáme jen hlavní vchod a zadní dveře používáme jen pro pohyb na zahradě, a ne pro opouštění objektu, lze provést návrh algoritmu. Ten může být relativně jednoduchý, neboť by nám k tomu stačili dva snímače pohybu. Jeden u vchodu a druhý v předsíni. Pokud dojde k postupnému sepnutí obou senzorů, můžeme usoudit, že došlo k pohybu osob. Podle posloupnosti sepnutí dále můžeme vyhodnotit, zdali osoba přišla nebo odešla. Toto ovšem nemusí být zcela spolehlivé při pohybu více osob současně. Proto je vhodné do programu začlenit více kontrolních prvků. Příkladem mohou být i ostatní senzory pohybu. Dále za úvahu stojí použití snímače CO₂ spolu s vhodným algoritmem.

Výsledný program tedy může být velice komplexní a může kombinovat více mechanismů. Cílem je ovšem jeho maximální přesnost, neboť pokud dojde k vyhodnocení stavu prázdného domu, v rámci systému úspory energie je vhodné snížit cílovou teplotu vytápění nebo zhasnout zapomenutá světla. Nabízí se myšlenka nějakého mechanismu odhlášení se osoby z domácnosti. To je samozřejmě možné, ale již to vybízí k situacím, kdy uživatel zapomene a k úsporám nedojde. Případně řešení pomocí notifikace do telefonu by mohlo dojít k jejímu přehlédnutí.

Pro simulaci domácnosti je tento program využitelný jen velmi omezeně a spíše se nám hodí až jeho výsledek. Využijeme tedy jen stav, kdy domácnost vyhodnotí dům jako prázdný. Ale přesným řešením, jak k tomu došlo se do hloubky více zabývat nebudeme.

6.2.7 Energetický management budovy

Tato část je svým způsobem nadřazena všem předešlým, neboť provádí řízení toků energie napříč celou budovou. Je tedy nutno uvážit k jakým situacím v rámci toků energií v budově může dojít. Rozdělíme je na několik stavů a podstavů. Jmenovitě to je nadbytek, který dělíme na tři podstavy. Dále dva stavy samostatného chodu. Poté pět stupňů spotřeby. A jako poslední máme dva ochranné stavy pro případ výpadku dodávky ze sítě.

Stav nadbytku definujeme jako okamžik, kdy spotřeba je menší než vlastní produkce. V takovém okamžiku primární zájem je tuto energii uchovat v bateriích a využít ji, jakmile dojde k navýšení spotřeby. Tento stav ovšem nemusí nastat vždy. Může dojít například k plnému naplnění baterií. Musíme tedy uvážit možnost urychlení cyklu vytápění vody v kotli nebo prodej energie do sítě. Proto máme tři stavy. Prvním stavem je situace, kdy nadbytek pokryje dobíjení do baterie. Druhým je, když lze dobíjet baterii, ale nadbytek je i přes všechna opatření příliš velký a musíme část energie prodat. Maximální rychlost dobíjení, případně i pro další části rychlost vybíjení vyhodnocujeme na základě programu v kapitole 6.2.5. Posledním je stav, kdy baterie je plně dobíjena, pokusíme se navýšit spotřebu dalších systémů a tím část volné energie akumulovat, ale jinak všechnen nadbytek jsme nuceni prodat distributorovi.

Pro samostatný stav můžeme dosáhnout dvou možností. První je takový, kdy produkce solárních panelů přesně odpovídá spotřebě domácnosti. Taková situace je však dle očekávání naprosto výjimečná. Druhým možným samostatným stavem je situace, kdy solární panely nepokryjí celou spotřebu, ale baterie zvládá dodat dostatečný výkon na pokrytí poptávky.

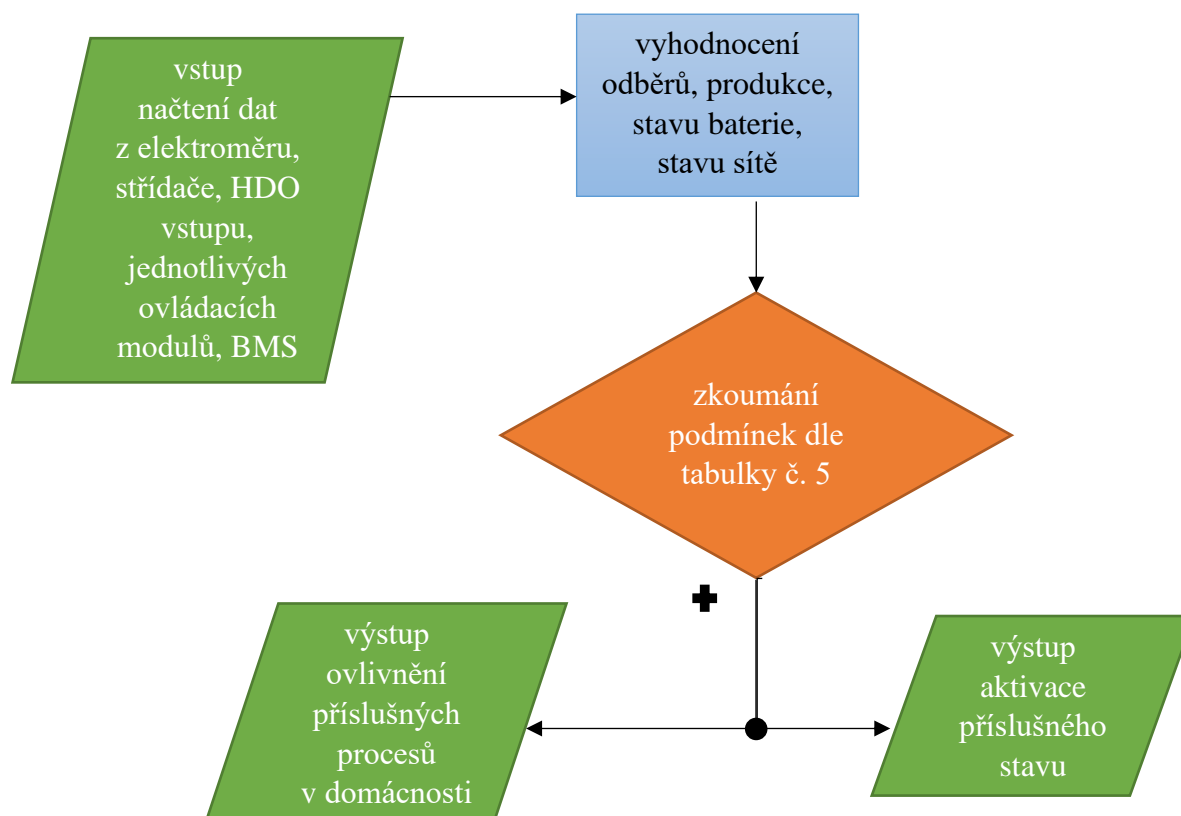
V rámci stavů spotřeby můžeme přijít do pěti možných stupňů. Jsou tak nazvány, neboť při nich dochází k odběru energie. První tři jsou během nízkého tarifu a poslední dva během vysokého. Ty s nízkým tarifem jsou rozděleny hlavně kvůli funkcím baterie. Je zde počítáno,

že baterie dodává při nízkém tarifu jen po svých 75 % kapacity. Protože jsem v levnějším odběru energie, tak následně další energii šetříme pro odběr během vysokého tarifu. Druhý stav je definován nabitím baterie mezi 70 až 75 %. Zde dochází jen k dodávce z fotovoltaických panelů a ze sítě. Stav číslo tři nám zabezpečuje dostatečné nabití baterie. Neboť zde je energie levnější, můžeme část energie odebrat ze sítě a případně ji využít při vysokém tarifu. Čtvrtý stupeň je již jako spotřeba ve vysokém tarifu, kdy baterie dodává spolu se sítí až do okamžiku, než dosáhne bezpečnostní podmínky 40 % kapacity. Tedy neopustí oblast nazvanou baterie OK, viz kapitola 6.2.5. Poslední, pátý stav navazuje na čtvrtý a přechází se do něj po porušení podmínky o kapacitě baterie. Odběr je tedy pokrytý ze sítě a solárních panelů.

Poslední podmínkou jsou stavy výpadku dodávky energie z distribuční sítě. Zde tedy přichází na řadu podmínka, jež blokuje všechny stavy, kdy solární panely nepokryjí celou spotřebu a zablokuje některé méně důležité spotřebiče. Jsou zde definovány dva stupně omezení odběru. K prvnímu, méně razantnímu dochází v situaci, kdy baterie je mezi 100 až 5 % své kapacity. Ovšem jakmile baterie klesne na 5 %, dojde ještě k razantnějšímu omezení spotřebičů a poté lze používat jen ty nejnужnější prvky. Tedy například řídicí systém nebo osvětlení.

Pro vyšší přehlednost všechny stavy shrneme v následující tabulce 5 a u všech budou uvedeny podmínky potřebné pro definování daného stavu.

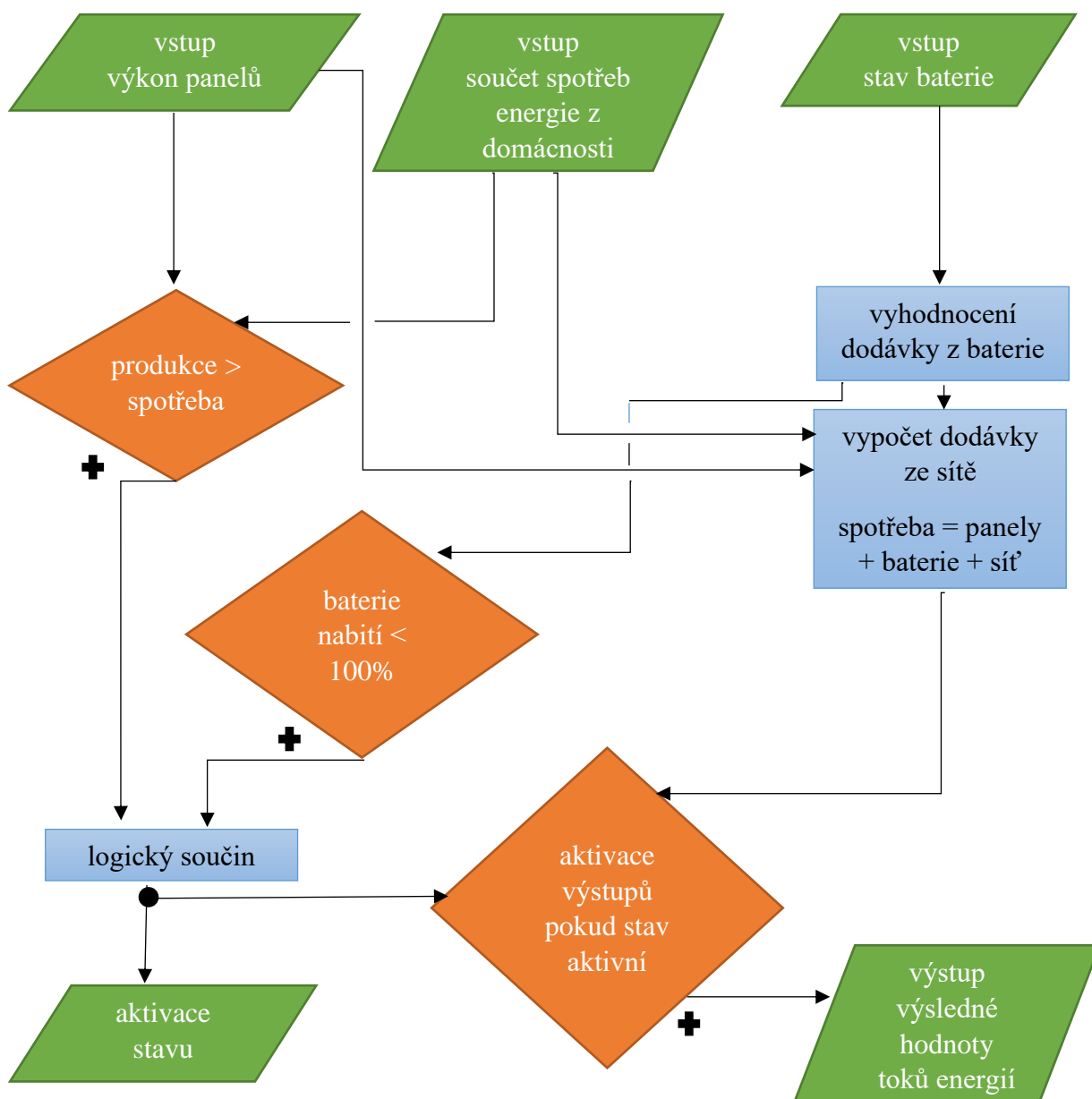
Algoritmy jsou tvořeny poměrně jednoduše dle uvedených podmínek tak, aby se vzájemně vylučovaly a tím následně aktivují podmínky jež ovlivňují chod zbytku domácnosti. V rámci simulace je výpočet velikosti produkce i odběru. Tyto data bychom však načítali z hybridního střídaček, nebo elektroměru. Zde navrheme obecný algoritmus, dle kterého lze vypracovat libovolný děj ze zde probíraných stavů.



Obrázek 6-11 - Algoritmus obecné logiky stavů energetického managementu

stavová tabulka pro energetický management							
stavy	produkce x odběr	dobíjení baterie	vybití baterie	odběr ze sítě	dodávka do sítě	stav sítě	podmínka stavu
nadbytek 1. st	$P > O$	ANO	NE	NE	NE	jakýkoliv	nadbytek dodán do baterie
nadbytek 2.st	$P > O$	ANO	NE	NE	ANO	jakýkoliv	nadbytek dodán do baterie a sítě
nadbytek 3.st	$P > O$	NE	NE	NE	ANO	jakýkoliv	baterie 100 %, nadbytek jen do sítě
samostatný stav 1. st	$P = O$	NE	NE	NE	NE	jakýkoliv	produkce = odběr
samostatný stav 2. st	$P < O$	NE	ANO	NE	NE	není výpadek sítě a nízký	panely + baterie = odběr
spotřeba 1. st	$P < O$	NE	ANO	ANO	NE	nízký tarif	dodávka baterie + panely + síť, baterie nad 75 %
spotřeba 2. st	$P < O$	ANO	NE	ANO	NE	nízký tarif	dodávka panely + síť, baterie 70 až 75 %
spotřeba 3. st	$P < O$	NE	NE	ANO	NE	nízký tarif	dodávka panely + síť, dobíjení baterie po 70 %
spotřeba 4. st	$P < O$	NE	ANO	ANO	NE	vyšší tarif	odběr = panely + síť + baterie, dokud baterie OK
spotřeba 5. st	$P < O$	NE	NE	ANO	NE	vyšší tarif	spotřeba = panely + síť, baterie mimo stav OK
výpadek sítě 1. st	$P < O$	NE	ANO	NE	NE	výpadek sítě	Spotřeba > dodávka z panelů, baterie nad 5 %, omezení některých spotřebičů
výpadek sítě 2. st	$P < O$	NE	ANO	NE	NE	výpadek sítě	spotřeba > dodávka z panelů, baterie pod 5 %, omezení většiny spotřebičů

Pro větší přiblížení zde bude ukázáno navržení jednoho z vypsání algoritmu pro virtuální domácnost. Konkrétně nadbytku 2. stupně.

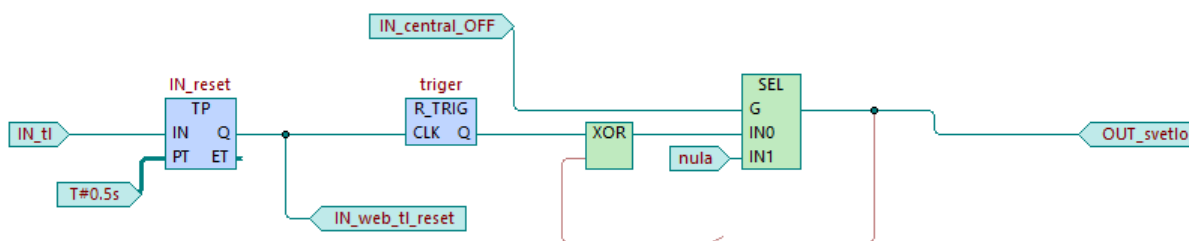


Obrázek 6-12 - Algoritmus stavu Nadbytek 2. stupeň

6.3 Ukázky konkrétních aplikací algoritmů v simulovaném PLC

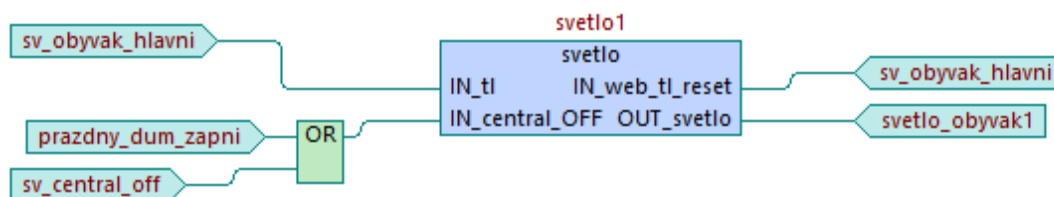
V rámci této kapitoly dojde k představení ukázek z konkrétních provedení některých algoritmů, které byly vytvořeny v rámci praktické části. Určité části se však mohou mírně lišit od vstupní logiky, neboť jsou upraveny pro simulaci. Dále bude ukázána práce v prostředí WebMaker, který slouží pro ovládání této simulace.

Jako první ukázka byl zvolen vlastní blok světla a jeho ovládání v hlavním programu.



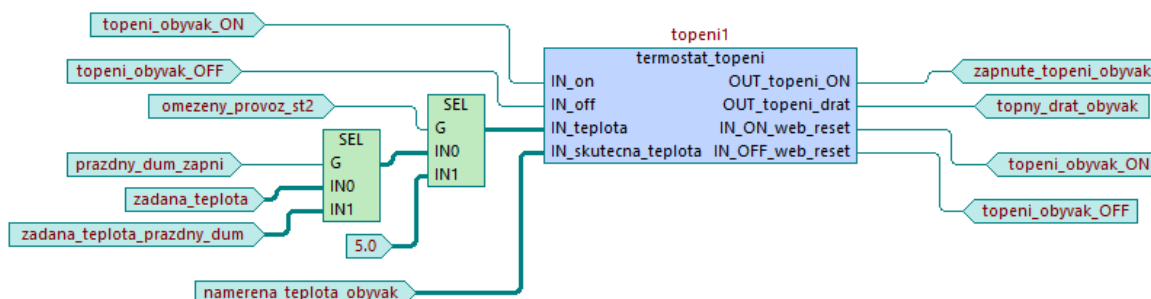
Obrázek 6-13 - Vnitřní logika bloku ovládání světla

Toto je možná interpretace výše uvedené logiky v jazyce CFC. Po stisku tlačítka dojde k jeho podržení na 0,5 s, následně dojde k ošetření webového tlačítka a blok R_trig pošle dál jen náběžnou hranu. Díky tomu není potřeba brát ohled na skutečnost, zdali je tlačítko HW, nebo SW charakteru, případně jak dlouho trvá jeden cyklus PLC. O hlavní část logiky se stará zpětnovazebně zapojený blok XOR. Ten je ještě ošetřen blokem SEL, aby případně vynuloval výstup a zpětnou vazbu bloku, přerušil cyklus a světlo vypnul. Následně na obrázku 6-14 lze vidět užití funkčního bloku v rámci hlavního programu, kde dochází k ovládání světla. Jsou zde ukázány i proměnné starající se o centrální zhasnutí nebo zhasnutí z důvodu prázdného domu. Jejich ošetření jakožto SW tlačítka musí být provedeno zvlášť.

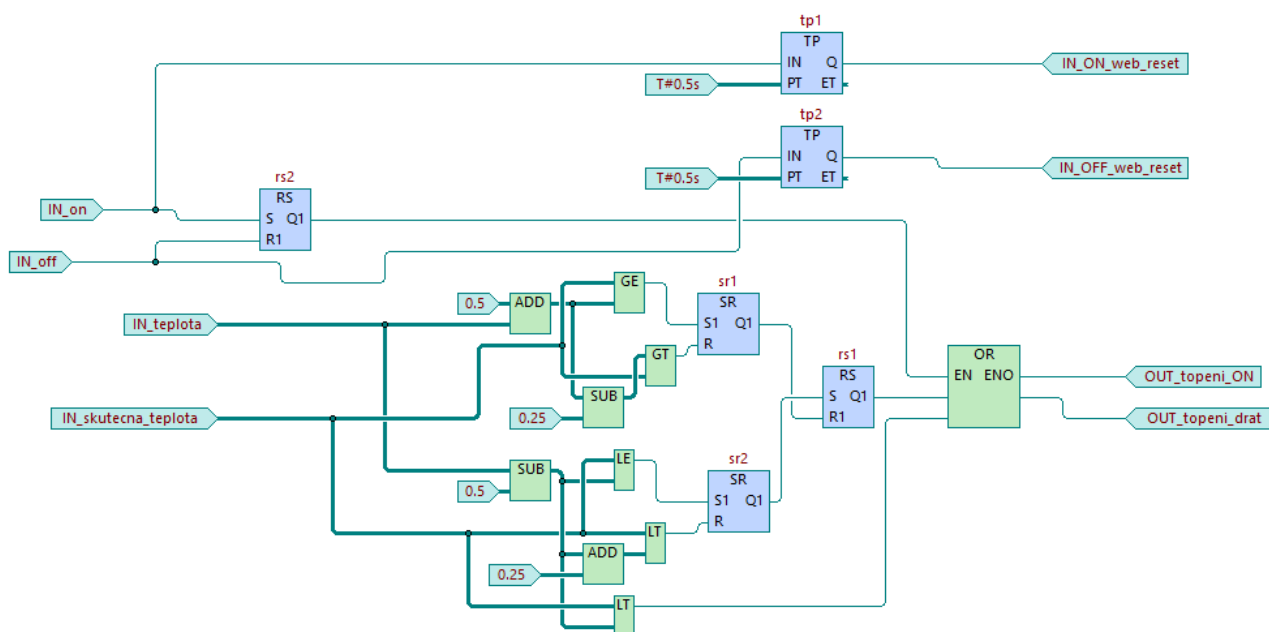


Obrázek 6-14 - Řízení světla v hlavním programu

Druhým vzorovým programem bude řízení topení. Opět ukázka zapojení v hlavním programu a vnitřní logika bloku.



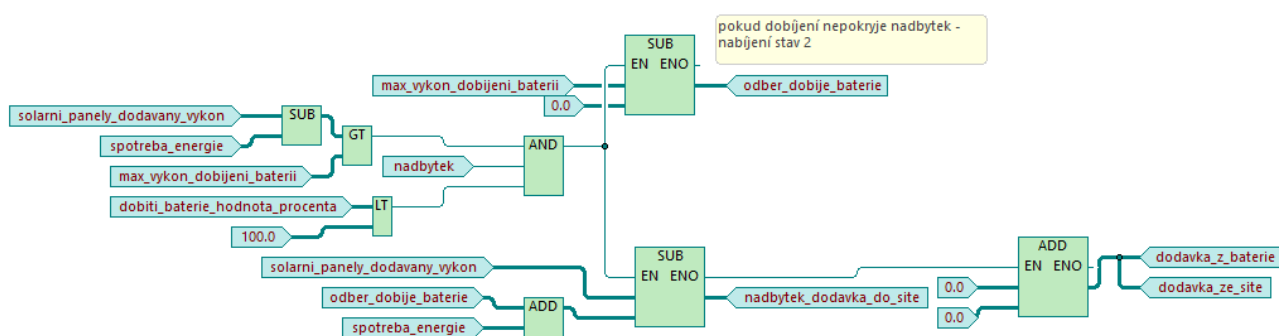
Obrázek 6-15 - Zapojení bloku topení v hlavním programu



Obrázek 6-16 - Vnitřní zapojení termostatu topení

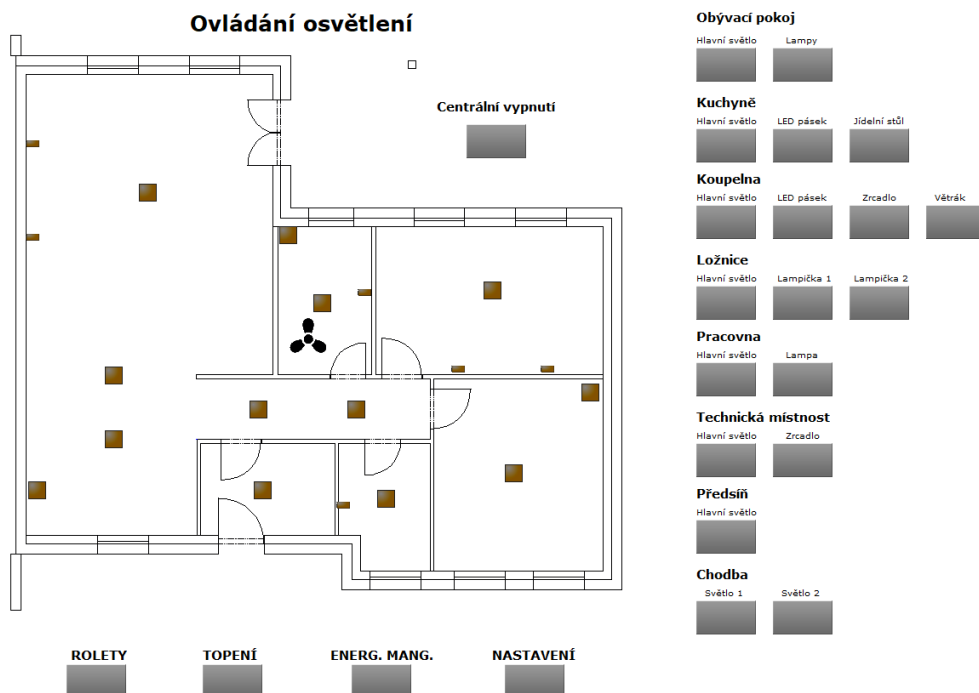
Bloky představené na obrázcích 6-15 a 6-16 představují řízení topení v obývacím pokoji. Logika programu je podrobně představena v kapitole 6.2.3. Pro zapojení klimatizace dojde jen k otočení logiky a změnou posloupnosti podmínek. Bojler funguje naprosto stejně jako ukázka z obrázku 6-16, jen má odlišně nastavená minima, maxima a hysterezi.

Poslední ukázkou programu je zapojení stavu nadbytku 2. stupně. To je umístěno přímo v hlavním programu, neboť zde dochází k vyhodnocování energetického managementu, který přímo ovlivňuje všechny mechanismy v domě.



Obrázek 6-17 - Ukázka z energetického managementu, stav nadbytku 2. stupně

Uživatelské rozhraní WebMaker složí k vizualizaci, a i k samotnému ovládání celé simulace. K ovládání dochází na pěti stránkách, mezi kterými je možné snadno přecházet. Konkrétně se jedná o řízení světla, rolet, topení, energetického managementu a jako poslední je stránka s nastavením, v níž dochází k řízení celé simulace. Tato poslední stránka by ve skutečné domácnosti nebyla a data by byla brána ze skutečných přístrojů. Zde lze vidět na obrázku 6-18 stránku pro řízení osvětlení a na obrázku 6-19 stránku s energetickým managementem.

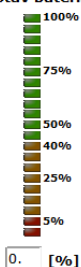


Obrázek 6-18 - Ukázka z prostředí WebMaker, ovládání světla

Energetický management

Baterie

Stav baterie



■ Baterie pro běžné používání

■ Záloha pro výpadek sítě

■ Baterie nelze využívat

■ 0. [W] Výkon nabíjení baterie

■ 0. [W] Výkon vybíjení baterie

■ Nízký tarif

■ Nadbytek energie

■ Samostatný chod domácnosti

0. [W] Okamžitý dodávaný výkon do sítě

0. [W] Okamžitý odebíraný výkon ze sítě

Teplotní stav baterie dle BMS

■ Baterie studená

■ Baterie horká

■ Baterie teplá

■ Baterie přetížená

Hlavní uzávěr vody

■

ON/OFF

■

Bojler

■

ON/OFF

■

0. [°C] aktuální teplota

Solární panely

0. [W] Okamžitý dodávaný výkon fotovoltaickými panely

SVĚTLA

ROLETY

TOPENÍ

NASTAVENÍ

Obrázek 6-19 - Ukázka z prostředí WebMaker, ukázka energetického managementu

7 Ekonomická a energetická bilance

Tato kapitola se zabývá energetickým a ekonomickým srovnáním současné a navrhované elektroinstalace. Tyto bilance jsou ovšem jen teoretické. Skutečná elektroinstalace byla zprovozněna až v druhé polovině roku 2020, tedy není zde energetická bilance za všechny měsíce. Samotné ekonomické srovnání je také jen odhad. Ceny jednotlivých položek byly dohledány během února 2021 podle aktuálních ceníků. Vše je uváděno včetně DPH. Cena za podlahové vytápění byla převzata z faktury a mimo tuto položku není nikde započítána cena za práci, vodiče, nebo jištění. A to z důvodu, neboť se originální řešení instalovalo již při stavbě domu a mimo sběrnice, např. CIB, je většina elektrického vedení natažena a změny by byly povětšinou menšího charakteru. Do finanční bilance fotovoltaického systému bude začleněna dotace z programu Nová zelená úsporám, která je pro tuto aplikaci vhodná a lze o ni žádat do konce roku 2021. Bude zde i krátce představeno čeho se tato dotace týká.

Tabulky pro části 7.1 a 7.2 jsou sloučeny a uvedeny již zde v úvodu. V těchto dvou podkapitolách budou rozvedeny a budou popsány údaje jež z nich lze vyčíst. Některé názvy produktů jsou za účelem úspory místa zkráceny. Jejich celé názvy lze dohledat v tabulkách v kapitole 5.3 v rámci srovnávání domácností.

Tabulka 6 - Neměnné spotřebiče – finance a energie

FINANČNÍ, ENERGETICKÁ TABULKA - HLAVNÍ NEMĚNNÉ SPOTŘEBIČE DOMÁCNOSTI						
účel	produkt	počet ks	cena (za 1 ks)	zdroj ceny	e. třída	příkon [W]
rob. vysavač	iRobot Roomba e5	1	9999	alza.cz	-	33
router	Asus RT-AX58U	1	6199	alza.cz	-	33,25
kam. systém	Eufy EufyCam 2 Kit + 1 cam	1	14334	alza.cz	-	24
lednice	SAMSUNG RS67N8211B1/EF	1	24990	alza.cz	A++	383 kWh/rok
myčka	WHIRLPOOL WBC 3C26 X	1	9990	alza.cz	A++	265 kWh/rok
pračka	LG F104G1JCH2N	1	17990	alza.cz	A	1.37 kWh/ckl.
mikrovl. trouba	WHIRLPOOL W9 MD260 IXL	1	15990	alza.cz	-	1000
trouba	WHIRLPOOL W9 OM2 4MS2H	1	17490	alza.cz	A+	3650
ventilátor	SAPHO LEX koupeln. vent.	1	920	eshop.sapho.cz	-	15
bojler	DZ Dražice OKCE 160	1	6490	mall.cz	C	7183 W/den
zrcadlo s LED	LED zrcadlo MIA	2	2990	hornbach.cz	-	30
podlah. el. top.	-	1	64900	faktura	-	105 W/m ²
klimatizace	Samsung AR12TXFCAWKNEU	1	26806	bterm.cz	A++	1220
varná konvice	Electroc kettle BH-9050	1	880	teshop.cz	-	2200
TV 1	Samsung UE75RU7022	1	24990	alza.cz	A+	154
TV 2	LG OLED55B9PLA	1	27990	alza.cz	A	107
TV 3	LG 43UM7100PLB	1	7990	alza.cz	A	70
sporák	Whirlpool WL B8160 NE	1	9290	alza.cz	-	7200
chytrý zámeček	Danalock V3	1	5199	alza.cz	-	4x baterie

Tabulka 7 - Spotřebiče Apple Homekit – finance a energie

FINANČNÍ, ENERGETICKÁ TABULKA – SOUČASNÉ SPOTŘEBIČE APPLE HOMEKIT						
účel	produkt	počet ks	cena (za 1 ks)	zdroj ceny	energ třída	příkon [W]
řídící jednotka	Apple TV HD	1	5190	apple.com	-	6
termostat	Tado Smart Thermostat	7	4499	alza.cz	-	3xAA baterie
pohybový senzor	Philips Hue Motion Sens.	7	1066	alza.cz	-	2xAA baterie
hlavní světlo	Philips Hue ceiling lamp 27W	7	4399	alza.cz	A+	27
světln. n. jídel. stol.	Philips Hue 40903/31/P9	1	10999	alza.cz	A+	78
lampa v pracovně	Philips Hue 40802/48/P9	1	7429	alza.cz	A+	32
světla v obývací	Philips Hue 17464/30/P7	2	3690	alza.cz	A+	8
řídící jedn. světla	Philips Hue Bridge 2.0	1	1649	alza.cz	-	1,25
LED pásek	Philips Hue LightStrip	2	2056	alza.cz	A+	20
světlo koupelna	Philips Hue 17465/30/P7	2	3169	alza.cz	A+	15
LED lampa	Philips Hue 53090/30/P8	2	1789	dekolamp.cz	A+	5
řiditelné rolety	Shelly 2.5	8	790	voltio.cz	-	2200

Tabulka 8 - Položky z katalogu TECO – finance a energie

FINANČNÍ, ENERGETICKÁ TABULKA – POLOŽKY Z KATALOGU TECO				
účel	produkt	počet ks	cena (za 1 ks)	příkon [W]
komunikační SW	komunik. driver AC Samsung	1	750	-
řídící jednotka	Foxtrot CP-1091	1	11800	10
napájecí jednotka	HDR-60-24	1	623	(max 60 W)
řízení fotv. panelů	SolarMonitor SM2-MU-Basic	1	7492	1,2
elektroměr	C-EM-0401M	1	4900	3
řízení podlah. vyt.	C-OR-0008M	1	4300	3,4
řízení ventilátoru	C-VT-0102B	1	1800	4
pohybový senzor	Elite-QD	10	510	0,132
vstupy poh. senzorů	C-WG-0503S	2	2013	0,5
vypínače jednoduché	C-WS-0200R (ABB)	9	690	0,3
vypínače dvojitě	C-WS-0400R (ABB)	11	710	0,3
řízení žaluzií	C-JC-0006M	3	6450	1,8
modul řízení bojleru	C-IR-0203M	1	2350	0,8
čidlo tep. bojler	Sk2PA-2SS-1	1	300	-
čidlo tep. místnost	SK8NTC12k-2SN-1	7	221	-
řízení osvětlení	C-OR-0011M-800	2	5900	3

Tabulka 9 - Solární systém – finance a energie

FINANČNÍ, ENERGETICKÁ TABULKA – SOLÁRNÍ SYSTÉM					
účel	produkt	počet ks	cena (za 1 ks)	zdroj ceny	příkon [W]
řízení BMS	C-BM-0202M	1	1700	katalog TECO	0,25
senzor BMS	B-BM-0201X	9	400	katalog TECO	0,05
solární panely	Amerisolar AS-EU-6P30	19	2600	solar-eshop.cz	-
baterie	PyloTech H48050	5	26100	fve-mp.cz	-
3f hybridní střídač	GoodWe GW10K-ET	1	55292	kotly.com.pl	15

Tabulka 10 - Ostatní spotřebiče – finance energie

FINANČNÍ, ENERGETICKÁ TABULKA – DALŠÍ SPOTŘEBIČE						
účel	produkt	poč. ks	cena (1 ks)	zdroj ceny	eng. třída	přík. [W]
uzávěr vody	CWX-15-24	1	309	valveb2b.com	-	2,4
pohon žaluzií	Somfy J406WT	8	3232	vkzaluzie.cz	-	94,3
senzor zaplavení	F1-P záplavová sonda	3	302	rele.cz	-	-
hlavní lustr	Eglo 32446 LED/24W	7	1235	svet-svitidel.cz	A+	24
koupelna lustr	ADAR LED 13W IP44	2	353	svet-svitidel.cz	A+	13
lampa pracovní	EGLO 98498 LED/25W	1	5390	svet-svitidel.cz	A+	25
lampa zeď ložnice	Rabalux - bod. Sv. 1xE14/40W	2	279	svet-svitidel.cz	-	-
svítidlo lam. z. lož.	halogenová žár. E14/28W	2	35	svet-svitidel.cz	D	28
LED pásek	EGLO 98295 LED/9W	2	1090	svet-svitidel.cz	A+	9
lustr jídelní stůl	EGLO 93353 LED 18W	1	1120	svet-svitidel.cz	A+	18
nástěnné lampy obývací	Philips 33012/17/PN 2x6W	2	647	svet-svitidel.cz	A+	12

7.1 Energetické srovnání domácností

V této části práce budou rozebrány jednotlivé spotřebiče z původní domácnosti. Bude uvedena jejich energetická třída a odběr energie. Následovně zde budou porovnány i oba systémy. Většina spotřebičů byla ponechána jako původní za účelem snížení zkreslujících faktorů. Dále je důležité uvést, že energetické třídy byly odečteny dle standardu platném do února 2021. Technické parametry těchto spotřebičů se nijak nemění, ovšem při zakoupení tohoto spotřebiče po 1.3.2021 uživatel v balení nalezne štítek například s označením B namísto A++ a podobně. K této změně došlo za účelem zpřehlednění stupnice, úpravě některých pravidel tvorby štítků a vytvoření prostoru pro nové generace spotřebičů. Uvedené údaje však budou dle původního standardu, neboť některé spotřebiče se již neprodávají a nedošlo u nich k vytvoření nových energetických štítků. [66] Ceníky odpovídají přelomu ledna a února 2021.

Energetická elektrická bilance domácnosti lze určit několika způsoby. Prvním možným řešením a tím nejpresnějším je provést měření. Jedno provádí elektroměr, který měří odběr celé domácnosti a další lze provádět pomocí měřičů spotřeby na konkrétní spotřebiče. Další možnou

metodou je provést sepsání všech spotřebičů jejichž odběr chceme určit. Dle katalogů vyčíst jejich příkon a pomocí vzorce (7-1) provést jejich výpočet. Kde E je spotřebovaná elektrická energie [Wh], P_0 je příkon [W] a t je počet hodin [h] během kterých je zařízení v provozu v rámci sledovaného období. Následně je nutné sečíst výsledky jednotlivých spotřebičů a tím získat teoretickou spotřebu. Pokud nedojde k zanedbání některých významných faktorů, výsledek bude velmi blízko reálné hodnotě odběru. Poslední možná metoda je na základě porovnání s existujícími objekty. [67]

$$E = P_0 \cdot t \quad (7-1)$$

7.1.1 Současný stav

Zde je nutné určit jakou část spotřebovává domácnost a jakou vytápění. Na začátku této kapitoly je tabulka se seznamem všech spotřebičů. U některých je udána denní, či roční spotřeba přímo od výrobce. Tím je například lednice, nebo bojler. Dále lze uvážit, že některé spotřebiče jako řídicí jednotky, nebo router běží nepřetržitě. U ostatních jako osvětlení je nutné přibližně odhadnout délky jejich chodů na základě konzultace s obyvateli domácnosti. Výpočet probíhá na základě vzorce (7-1).

Základní částí je zjištění největších stabilních odběratelů. Těmi jsou lednice, pračka, bojler a myčka. V tabulkách výše jsou uvedeny spotřeby odpovídající podmínkám této domácnosti. K tomu pračka provádí odhadem dva cykly týdně. To nám dává přibližně 2,765 MWh za rok. Dalším důležitým odběratelem jsou nepřetržitě běžící router a řídicí moduly. Jejich roční odběr činí 0,565 MWh. To dá přibližně dohromady 3,3 MWh ročně. Z důvodu podoby povolání, které oba obyvatelé domácnosti dělají je odběr za provoz kuchyňských spotřebičů nižší. Odhadneme jej na 0,5 MWh. a provoz dalších spotřebičů na přibližně dalších 0,5 MWh. Součet činí 4,3 MWh. Dům má zastavěnou plochu 101 m² a z čehož je volné plochy necelých 85 m². Dále vezmeme-li v úvahu že se jedná o zateplenou novostavbu, tak můžeme odhadnout spotřebu energie na vytápění. Srovnatelné domácnosti ročně protopí podlahovým elektrickým topením přibližně 4,7 MWh elektrické energie a za letní provoz klimatizace odhadem 0,5 MWh.

Tímto odhadem máme roční spotřebu okolo 9,5 MWh. Nyní je vhodné tuto hodnotu podložit alespoň měsíčním odečtem z elektroměru. Ten proběhl v měsíci únoru. Během tohoto měsíce se průměrné teploty pohybovaly mírně nad bodem mrazu, tedy probíhala topná sezóna. Z elektroměru bylo odečtena spotřeba 0,88 MWh, což nám jako týdenní průměr dává 0,22 MWh a pro rozšíření počtem týdnů v roce je výsledný odběr 11,44 MWh. Ovšem jak již bylo uvedeno jedná se o hlavní část topné sezóny, tedy roční odběr 9,5 MWh lze hodnotit jako možný. Přičemž stabilní odběr domácností je 4,3 MWh, spotřeba přitápěním je 4,7 MWh a klimatizací je 0,5 MWh.

Na základě toho lze určit, že průměrný denní odběr domácností je 11,78 kWh. Dále průměrný denní odběr topením během sedmiměsíční topné sezóny je 22,07 kWh a průměrný denní odběr klimatizací je během tří měsíců provozu je 5,47 kWh. Přibližně dva měsíce v roce jsou teploty okolo komfortní hodnoty a dochází k malým odběrům.

7.1.2 Nové řešení

Pro nové řešení se toho ve spotřebě příliš energeticky nezmění. Zásadní změnou však bude množství energie vyrobené a za kterou nebude nutné následně platit dodavateli.

Ohledně odběru jednotlivé moduly, aktory a senzory systému Foxtrot mají příkon 47,02 W. Avšak ne všechny běží nepřetržitě. Roční odběr tohoto systému je 347,7 kWh. Přičteme-li k tomu další nepřetržité odběry ze stávající instalace vzroste nám odběr na necelých 0,85 MWh. Nárůst oproti současné elektroinstalaci je v roční spotřebě o 0,285 MWh na výslednou hodnotu 9,785 MWh.

Tato instalace ovšem disponuje fotovoltaickými panely, které energii vyrobí a bateriemi, které ji uskladní pro pozdější využití. Jak jsme vypočítali v kapitole 5.2.10 instalovaný výkon našich devatenácti panelů činí 5415 W_p. Během průměrného dne, tedy teoreticky vyrobíme 24,65 kWh. Z toho lze vyvodit za použití vzorce (5-1), že naše teoretická roční produkce elektrické energie činí 8997,25 kWh. Skutečná hodnota této produkce bude pravděpodobně mírně nižší, neboť hybridní střídač a další obvody nedosahují účinnosti 100 %. V dokumentaci hybridního střídače je uvedena účinnost 97,6 %. Další úbytky a přechodové ztráty mohou také snížit až o jednotky procent, Zokrouhlíme tedy odhadovanou roční produkci na 8 MWh.

Z čehož nám vyplývá, že teoreticky ročně ze sítě odebereme necelé 1,2 MWh. Tato hodnota však s časem bude postupně růst, neboť účinnost solárních panelů s pomalu klesá. O účinnostech těchto konkrétních panelů je více uvedeno v kapitole 5.2.10. Dále odběr 1,2 MWh bude ve skutečnosti vyšší. Neboť největší spotřebu máme v zimních měsících, a naopak nejvyšší produkce je během letních měsíců, kdy lze očekávat nadprodukcí, kterou nám bateriový systém nedokáže do zimy akumulovat. Jak již bylo nastíněno nadprodukcí ovšem plánujeme prodávat. V tuto chvíli je nezbytné provést rozvržení očekávané produkce a spotřeby do jednotlivých měsíců. Tak abychom mohli určit jakou produkci a spotřebu můžeme v jednotlivých měsících očekávat.

Tabulka 11 - Odhadovaná měsíční energetická bilance nové elektroinstalace

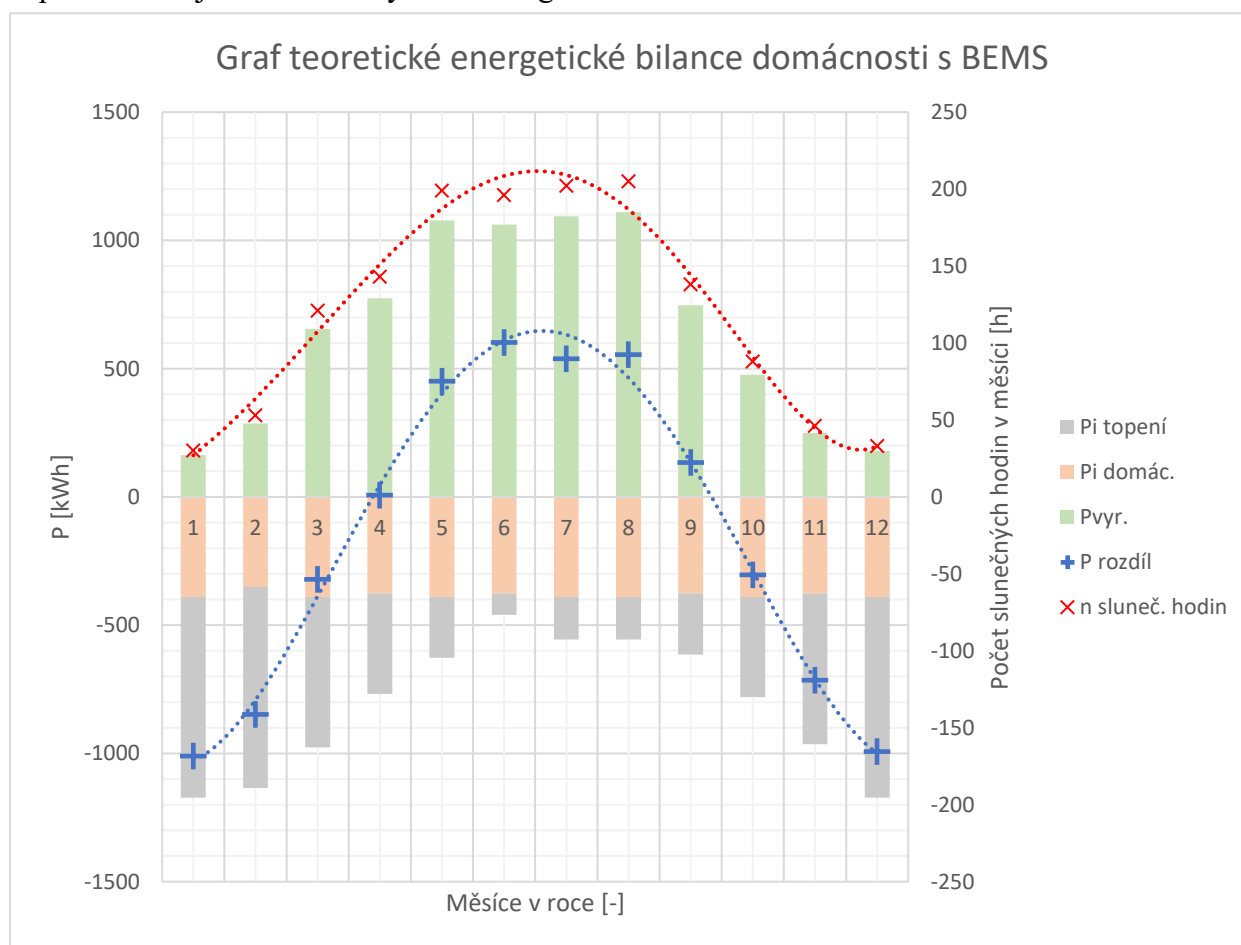
	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec
Dnů v měsíci	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Sluneč. hod./měsíc	30	53	121	143	199	196	202	205	138	88	46	33
P vyrobený [kWh]	162,5	287,0	655,2	774,4	1077,6	1061,3	1093,8	1110,1	747,3	476,5	249,1	178,7
P _i domác. [kWh]	389,4	351,7	389,4	376,8	389,4	376,8	389,4	389,4	376,8	389,4	376,8	389,4
P _i topení [kWh]	783,3	783,3	587,5	391,7	237,5	83,3	166,6	166,6	237,5	391,7	587,5	783,3
P rozdíl [kWh]	-1010,2	-848,0	-321,6	5,9	450,8	601,2	537,9	554,1	133,0	-304,5	-715,2	-994,0

Odhadovanou měsíční energetickou bilanci můžeme vidět v tabulce 11. V druhém řádku můžeme vidět počet slunečních dnů v jednotlivých měsících. Hodnoty vychází ze zdroje [65]. Ve třetím řádku je vyprodukovaný výkon fotovoltaických panelů. Tyto hodnoty získáme dosazením do vzorce (7-2), kde P_{vyr.} je výkon vyrobený v měsíci, n_{sl.dnů} je počet slunečních dnů v měsíci, n_{panel} je počet panelů, tedy 19 a P_{mnn} je špičkový dodávaný výkon, který činí 285 W_p.

$$P_{vyr.} = n_{sl.dnů} \cdot n_{panel} \cdot P_{mnn} \quad (7-2)$$

Ve čtvrtém řádku tabulky 11 nalezneme příkon spotřebovaný domácností. Základem je odhadovaný roční spotřeba, tedy 4,585 MWh. Ta je rozdělena rovnoměrně do měsíců podle počtu dnů v každém z nich. Předposlední řádek nám uvádí příkon potřebný na provoz topení a klimatizace. Přičemž měsíce pro vytápění jsou dány jako leden až duben a září až prosinec. Pro chod klimatizace jsou květen až září. Měsíce květen a září jsou vzaty jako měsíce přechodové a berou si jen malou část. Tyto hodnoty byly odhadem rozděleny na základě průměrných teplot za zdroje [68] a [69]. Poslední řádek tvoří rozdíl mezi produkcí a spotřebou. Kde kladné jsou produkce a záporné převažující spotřeba, tedy odběr ze sítě.

Díky dostatečnému dimenzování baterií lze očekávat že v měsících s nadprodukcí bude odběr ze sítě skutečně minimální až téměř nulový. Provedeme-li součet nadbytků, jež dodáme do sítě, získáme hodnotu 2,282 MWh. Dále součet odběrů ze sítě, tedy 4,193 MWh. Pro zřehlednění je tabulka 10 vynesena do grafu na obrázku 7-1.



Obrázek 7-1 - Graf měsíční bilance energií

Nutno je uvést že systém s Apple Home Kit nabízí určité základní prvky BEMS. Tím je adaptivní termostat, který vyhodnotí přítomnost uživatele na základě přítomnosti mobilního telefonu ve vnitřní síti. A dále možnost vzdáleného ovládání osvětlení a řízení osvětlení pomocí pohybových senzorů. Toto jsou však jen některé základní funkce, které BEMS může ve svém plném potenciálu nabízet a tím dlouhodobě šetřit úspory. K tomu to je však systém s PLC Foxtrot výrazně více otevřený, zvláště pak pokud začleníme solární systém, kdy je možné aktivně vyrábět a šetřit energie. Avšak skutečné vyčíslení těchto úspor je v tuto chvíli velice komplikované, neboť ideálním by bylo provést roční test na třech maximálně srovnatelných domácnostech.

7.2 Finanční srovnání

Ve finančním srovnání je nutné porovnat výši vstupní investice a částku, kterou ročně ušetří BEMS oproti stávající instalaci. Na základě toho se pokusíme zjistit, jak rychle dojde k pokrytí navíc investovaných financí a jakou dobu by nám tento systém ještě mohl následně spořit finance. Hodnoty vychází z tabulek uvedených na začátku kapitoly 7. Ceny byly dohledány na přelomu února a ledna 2021 z uvedených internetových stránek, nebo z katalogu TECO, jež byl platný k daným měsícům. Položka podlahového vytápění byla nadiktována majiteli domu z faktury od stavební firmy, jež tento systém instalovala. Jak již bylo uvedeno v kapitole 5, jsou zde zanedbány položky jako vodiče, jištění a práce montérů stavební firmy. Je to zdůvodněno tím, že toto provedla stavební firma v ceně stavby domácnosti a rovnou instalovala i jednotlivé prvky systému Apple Home Kit. A pro navrhovanou elektroinstalaci se množství a rozmístění komponentů zásadně nemění. Jediným větším rozdílem bude solární systém, kde bude uvedena položka na pokrytí práce, vodičů a podobně.

7.2.1 Výše investice do stávajícího systému

Hodnoty pro tuto část odečteme z tabulky 6 a tabulky 7. Výpočet provedeme na základě vzorce (7-3). Kde IN udávají náklady na investici [Kč], n_{ks} značí počet kusů jednotlivých výrobků a CP označuje cenu produktů [Kč]. Sumace zahrnuje součet všech položek v dané tabulce. Celková investice do spotřebičů tedy činí 293.218 Kč. Tato částka vychází z tabulky 6 a je mezi systémy neměnná. Naopak náklady za spotřebiče systému Home Kit dosahují hodnoty 121.843 Kč. Přičemž nejdražšími položkami jsou zde termostaty Tado a prvky osvětlovací techniky Philips Hue. Celkové náklady na investici tedy činily 415.061 Kč.

$$IN = \sum n_{ks} \cdot CP \quad (7-3)$$

7.2.2 Výše investice do systému s PLC Foxtrot

Následující část vychází z tabulek 6, 8 a 10. Stejně jako v kapitole 7.2.1 budeme pro vyčíslení nákladů na investici používat vzorec (7-3). Dále lze převzít výslednou sumu za tabulku 6, jež činí 293.218 Kč. Výše investice do modulů z katalogu TECO dosahuje hodnoty 95.458 Kč. A následně dle tabulky 10 světelná technika a další spotřebiče počítají s investicí 47.034 Kč. Investovaná částka tedy naroste na 435.710 Kč. Přestože se tento systém může na první pohled zdát jako méně výhodný, jeho největší výhoda se rozvine níže. Funkcionalitou jsou však oba systémy velmi srovnatelné, avšak do Foxtrotu máme přidanou kontrolu zaplavení místností.

7.2.3 Cena solárního systému a dotace Nová zelená úsporám

Námi dimenzovaný solární systém je určen na pokrytí co největší části spotřeby domácnosti, ovšem byli jsme limitováni plochou střechy, na níž by měly být fotovoltaické panely umístěny. Samotná cenová bilance tohoto solárního systému je uvedena v tabulce 8. Dle vzorce (7-3) by tato investice dosáhla částky 240.492 Kč. Ovšem pro tuto částku musíme uvážit i doplňkové položky za vodiče, práci a podobně. Neboť tento systém není součástí stávající elektroinstalace, avšak jeho instalace by pravděpodobně proběhla při stavbě domu. Navýšíme tedy tuto položku na 256.000 Kč.

Tato částka však lze snížit dotací Nová zelená úsporám. Tento program se zaměřuje na podporu snižování energetických náročností stávajících domů, výstavbu domů s nízkou energetickou náročností a efektivní využití zdrojů energie. Pro nás je vhodná kategorie C.3.7. To je dotace pro větší fotovoltaické elektrárny připojené k síti, vybavené bateriemi s využitelnou roční výrobou minimálně 4000 kWh, přičemž do sítě nesmí přetéct více než

30 % energie. Dále měnič musí dosahovat alespoň účinnosti 94 % a na každých 1,25 instalovaných kWp fotovoltaiky musí být připravena baterie o velikosti 1,75 kWh. Všechny tyto podmínky splňujeme. Na základě toho lze tedy získat dotaci až ve výši 150.000 Kč, maximálně však 50 % z investované částky. Pro nás tedy 120.246 Kč. Cena investice se nám tedy sníží na 137.751 Kč. Tato dotace je v tuto chvíli vypsána do konce roku 2021. Informace vychází ze zdrojů [70] a [71].

Celková investice za spotřebiče, systém Foxtrot a solární systém dosáhne částky 573.461 Kč.

7.2.4 Roční finanční bilance systémů a návratnost investice

Pro výpočet roční finanční bilance je nezbytné znát cenu elektřiny přiváděnou do tohoto objektu. Tato domácnost se nachází na Žatecku a prodejce je ČEZ prodej a.s.. Současně je nasmlouván tarif D01d. Jedná se o jeden z nejméně výhodných tarifů na aktuálním trhu, neboť je zde jen vysoký tarif, jehož cena činí 5,4 Kč/kWh. Majitelé bytu ovšem díky elektrickému topení mají nárok na tarif D57d, o který aktuálně s distributorem jednájí. Tento tarif je velmi výhodný, neboť je již rozdělen na nízký a vysoký tarif. Cena nízkého tarifu je 2,8 Kč/kWh a vysokého 2,9 Kč/kWh. Další velkou výhodou je skutečnost že nízký tarif je aktivní 20 hodin ze dne. Protože však k přechodu ještě nepřešlo a nemáme přehled nad poměrem odběru mezi nízkým a vysokým tarifem rozdělíme spotřeby v poměru 20:4 dle poměru v počtu aktivních hodin jednotlivých tarifů. Cenu za elektřinu v tomto tarifu tedy budeme počítat 2,817 Kč/kWh napříč celou spotřebou. Pro vyšší přehlednost jsou tyto údaje porovnány v rámci tabulky 12. Vzorec pro výpočet prvního řádku je (7-4). Kde EN je cena za nákup elektřiny [Kč], NT je cena nízkého tarifu [Kč/kWh], VT je cena vysokého tarifu [Kč/kWh], n_{hVT} je počet spotřebovaných kWh ve vysokém tarifu [kWh] a n_{hNT} je počet spotřebovaných kWh v nízkém tarifu [kWh]. Ovšem u nás je tento výpočet zjednodušen a počítáme s výše uvedenou poměrnou cenou pro celou spotřebu bez ohledu na tarif. Zdrojem pro data byl Energetický regulační úřad a jeho cenový kalkulátor [72].

$$EN = NT \cdot n_{hNT} + VT \cdot n_{hVT} \quad (7-4)$$

Tabulka 12 - Porovnání odhadovaných ročních vyúčtování

tarif	elektroinstalace			
	s Apple Home Kit		s PLC Foxtrot a solar. syst.	
	D01d	D57d	D01d	D57d
nákup el. [Kč]	51300	26761,5	22644,9	11813,1
prodej el. [Kč]	0	0	1826,3	1826,3
roč. vyúčtování [Kč]	51300	26761,5	20818,6	9986,8

Zdrojová data vychází z podkapitoly 7.1.1 a 7.1.2, kde pro instalaci s Apple Home Kit byla roční spotřeba určena jako 9,5 MWh a pro systém s PLC Foxtrot byla spotřeba 4,19 MWh a nadprodukce 2,28 MWh. Tyto hodnoty byly rozšířeny dle cenové sazby definované pro daný tarif. Ve sloupci pro PLC Foxtrot můžeme i nalézt prodej. K jeho výpočtu dochází dle vzorce (7-5). Kde EP je cena za prodej elektřiny [Kč], $P_{v.nadbytek}$ je nadbytečný vyrobený výkon [kWh] a VC je výkupní cena energií [Kč/kWh].

$$EP = P_{v.nadbytek} \cdot VC \quad (7-5)$$

Na současném trhu můžeme nalézt více možných distributorů, kteří vykupují nadbytečnou elektřinu. Za zmínku pro nás stojí tři z nich. Prvním je ČEZ distribuce a.s. který nabízí 40 % z prodejní ceny silové elektřiny. Tedy výkupní cena činí 0,53 Kč/kWh. Výhodou je shodnost s dodavatelem energie. Poté se zmíníme o E.on Energie a.s., který nabízí tzv. virtuální baterii, který je zatížena poplatkem 49 až 499 Kč/měsíc dle konkrétních podmínek. Zákazník dodá libovolné množství energie, které zdarma odčerpá zpět. To se na první pohled zdá velmi výhodně a ideální pro nákup velkého množství panelů bez investice do baterií. Ovšem zákazník si sníží cenu jen o část silové energie z výsledné ceny, která činí přibližně necelých 50% ceny a zbytek jsou ostatní poplatky, které zůstanou. Posledním je Centropol energy, kterého si také zvolíme. Pro elektrárny do výkonu 30 kW nabízí fixní výši výkupu 800 Kč/MWh. Pro naše podmínky na současném trhu mají pravděpodobně nejvýhodnější nabídku. Další výhodou je že neřeší, jakého má zákazník nasmlouvaného dodavatele [78]. Následně na posledním řádku je roční vyúčtování, to je rozdílem nákupu a prodeje dle vzorce (7-6). Kde RV je roční vyúčtování [Kč].

$$RV = EN - EP \quad (7-6)$$

	Srovnání projektů ve výsledných číslech			
	s Apple Home Kit		s PLC Foxtrot a solar. syst	
	D01d	D57d	D01d	D57d
vstupní investice [Kč]	415061,0	415061,0	573461,0	573461,0
roční platba za elektřinu [Kč]	51300,0	26761,5	20818,6	9986,8
roční úspora proti současnému stavu [Kč]	0,0	24538,5	30481,4	41313,2
rychlost pokrytí investice vůči současnému stavu [roky]	-	-	5,2	3,8
roční úspora v rámci tarifu [Kč]	0,0	0,0	30481,4	16774,7
rychlost pokrytí investice v rámci tarifu [roky]	-	-	5,2	9,4
úspora v platbách elektřiny za 10 let vůči souč. stavu (bez inflace + zdražení el.) [Kč]	0,0	245385,0	304814,0	413132,3
úspora za 10 let vůči souč. stavu, včetně investice navíc (bez inflace + zdražení el.) [Kč]	0,0	245385,0	146414,0	254732,3

Tabulka 13 - Finální finanční srovnání projektů

Výsledné srovnání je nutné provést na několika úrovních. Pro větší přehlednost je provede v tabulce 13. Ve většině případů bereme za referenční aktuální stav. Tedy Apple Home Kit a tarif D01d. V tabulce jsou sloupce reprezentující obě instalace kombinované s oběma uvažovanými tarify. Výše vstupních investic vychází z podkapitol 7.2.1 a 7.2.3. Těmi jsou

částky 415.061 Kč za stávající elektroinstalaci a 537.461 Kč za instalaci s PLC Foxtrot a solárním systémem. Jejich rozdílem získáme částku 158.400 Kč jakožto investici navíc. Z tabulky 12 lze vyčíst hodnotu odhadovaných ročních plateb za elektřinu. V následujícím tedy třetím řádku je uvedena částka vyčísující roční úsporu v ročních platbách za elektřinu proti stávajícímu stavu vycházející z rovnice (7-7). Kde \dot{U}_{s_r} je roční úspora [Kč], RV_{ref} je roční vyúčtování referenčního stavu [Kč], zde tedy ze současného stavu a RV_{nov} je roční vyúčtování nového stavu [Kč]. V tomto případě stavu, který porovnáváme vůči tomu současnému.

$$\dot{U}_{s_r} = RV_{ref} - RV_{nov} \quad (7-7)$$

O řádek níže, ve čtvrtém řádku, dochází k vyčíslení za kolik let dojde k pokrytí investice ročními úsporami oproti současnému stavu a současné ceně elektřiny dle rovnice (7-8). Zde přibývá zkratka PI neboli doba pokrytí investice [roky], Inv_{nav} neboli investice navíc [Kč], kterou jsme získali již dříve v této části práce.

$$PI = \frac{Inv_{nav}}{\dot{U}_{s_r}} \quad (7-8)$$

Poté v pátém řádku dochází k vyčíslení úspory mezi Apple Home Kit a PLC Foxtrot v rámci odpovídajících tarifů. Tyto výsledky získáváme na základě vzorce (7-7). Následně dle těchto výsledků dochází na šestém řádku podle vzorce (7-8) k výpočtu návratnosti investice při porovnávání hodnot stejných tarifů. Poslední dva řádky provádí vyčíslení úspor v ročních platbách za jednotlivé stavy oproti referenčnímu stavu během deseti let. Přičemž u posledního řádku dochází ještě k odečtení přidané investice u systémů s PLC Foxtrot. Sedmý řádek tedy počítáme na základě vzorce (7-9) a osmý na základě (7-10). Zde nám přibývá pojem $\dot{U}_{s_{r.10}}$ [Kč], neboli úspora za 10 let.

$$\dot{U}_{s_{r.10}} = 10 \cdot \dot{U}_{s_r} \quad (7-9)$$

$$\dot{U}_{s_{r.10i}} = 10 \cdot \dot{U}_{s_r} - Inv_{nav} \quad (7-10)$$

Tyto výpočty jsou ovšem orientační, neboť se zakládají na přibližných vypočítaných hodnotách a nejsou zde zohledněny inflace a dlouhodobá změna ceny elektřiny. Ovšem při zohlednění těchto faktorů pravděpodobně dojde ještě k vyšší finanční úspoře u systémů s obnovitelnými zdroji.

8 Závěr a zhodnocení práce

V rámci této práce došlo na teoretické úrovni k uvedení inteligentních domácností, hlavních obnovitelných zdrojů energie a představení systému úspory energie v domácnostech. Dále obsahem praktické části práce byla představena jedna domácnost vybavená systémem Apple Home Kit a dalšími podřízenými systémy. Zde došlo k rozboru této instalace a návržení alternativy se systémem Teco Foxtrot doplněné o hybridní domácí elektrárnu. Dle toho byl vytvořen program ovládající tuto domácnost v simulovaném PLC, pro který byly navrženy algoritmy zohledňující BEMS. Nakonec došlo k finančnímu srovnání obou instalací a výpočtu teoretické návratnosti investice do elektroinstalace řízené systémem Foxtrot.

Výsledkem této práce je ukázkový návrh domácnosti, programu a výsledek, že investice do domácnosti s BEMS a obnovitelnými zdroji se z dlouhodobého hlediska vyplatí. Pokud by došlo k zohlednění inflace a stoupajícího trendu ceny elektřiny byla by tato návratnost ještě rychlejší, než je získaná hodnota. Další benefity lze očekávat do budoucna s příchodem nového energetického zákona.

Práce naplňuje očekávané výsledky zadání, ovšem pro získání přesnějších a prokazatelnějších dat by bylo vhodné provést dlouhodobá měření na základě kterých by bylo možné určit přesnou spotřebu jednotlivých prvků domácnosti, tepelné ztráty a produkci energie pomocí fotovoltaických panelů v průběhu roku v daném místě.

9 Použité zdroje

- [1] Inteligentní dům. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2019, 18. 12. 2019 [cit. 2020-10-18]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Inteligentn%C3%AD_d%C5%AFm
- [2] What is a "Smart Home"? In: Smart Home Energy [online]. HUB Islington, 27 Dingley Place, London EC1V 8BR: Smart Home Energy, 2017 [cit. 2020-10-18]. Dostupné z: <http://smarthomeenergy.co.uk/what-smart-home>
- [3] Základy digitální domácnosti. In: Lupa.cz [online]. Milady Horákové 116/109, 160 00 Praha 6: Internet Info, 1998 – 2020 [cit. 2020-10-18]. Dostupné z: <https://www.lupa.cz/specially/zaklady-digitalni-domacnosti/>
- [4] BEMS: systémy na úsporu energií v inteligentních budovách. In: Inteligentní budovy [online]. Lípová 1131, 737 01 Český Těšín: Trade Media International, 2020 [cit. 2020-10-18]. Dostupné z: <http://inbudovy.cz/artikul/article/bems-systemy-na-usporu-energii-v-inteligentnich-budovach/>
- [5] PRŮCHA, Jan. Chytré bydlení: Inteligentní dům. In: Insighthome.eu [online]. Na Usedlosti 1837/10, 147 00 Praha 4: Insight Home, 2012 [cit. 2020-10-19]. Dostupné z: <http://www.insighthome.eu/Chytre-bydleni/Chytre-bydleni.pdf>
- [6] BC. FRIEDMANN, Michael. Internet věcí v chytré domácnosti [online]. Praha, 2018 [cit. 2020-10-20]. Dostupné z: https://www.itspy.cz/wp-content/uploads/2018/11/IT_SPY_2018_Diplomova_prace_11.pdf Diplomová práce. Vysoká škola ekonomická v Praze. Vedoucí práce Ing. Dušan Chlapek, Ph.D.
- [7] VONDRÁŠKOVÁ, Naděžda, MOUDRÁ, Andrea, ed. 5 CHYTRÝCH OTÁZEK NA TÉMA CHYTRÁ DOMÁCNOST. In: Pěkné bydlení: domov [online]. Tábořská 5/979, 140 00, Praha 4: Časopisy pro volný čas, 2019 [cit. 2020-10-20]. Dostupné z: <https://www.peknebydleni.cz/5-chytrych-otazek-na-tema-chytra-domacnost/>
- [8] Building Energy Management Systems (BEMS). SAYED, Khairy a Hossam A.GABBAR. *Energy Conservation in Residential, Commercial, and Industrial Facilities* [online]. Červen 2018. كلية الآداب سابقا جامعة. Sohag: Sohag University Faculty of Engineering, 2018, s. 15-81 [cit. 2020-10-22]. ISBN 9781119422068. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/326083652_Building_Energy_Management_SySysteme_BEMS
- [9] Systém Foxtrot. *Ovládej svůj dům* [online]. Průmyslová zóna Štáralka 984, 280 02 Kolín: Teco, 2020 [cit. 2020-10-26]. Dostupné z: <https://ovladejsvujdum.cz/system-foxtrot/>
- [10] *Jsem chytrý dům* [online]. Jateční 1723/12, 301 00 Plzeň: EATON xComfort, 2020 [cit. 2020-10-26]. Dostupné z: <https://www.jsemchytrydum.cz/>
- [11] *SIEMENS Home* [online]. Radlická 350/107c, 158 00, Praha 5: BSH domácí spotřebiče, 2020 [cit. 2020-10-26]. Dostupné z: <https://www.siemens-home.bsh-group.com/cz/>
- [12] *Loxone* [online]. Smart Home 1, 4154 Kollerschlag, Austria: Loxone Electronics, 2020 [cit. 2020-10-26]. Dostupné z: <https://www.loxone.com/cscz/>
- [13] ŽÁDNÍK, Jan. Chytrá domácnost 2 – Apple HomeKit. In: *AppleOne.cz* [online]. AppleOne.cz, 2018 [cit. 2020-10-26]. Dostupné z: <https://www.appleone.cz/chytra-domacnost-2-apple-homekit/>

- [14] Google Home. *Živě* [online]. Komunardů 1584/42, 170 00 Praha 7: CZECH NEWS CENTER, 2016 [cit. 2020-10-26]. Dostupné z: <https://www.zive.cz/google-home/sc-862/default.aspx>
- [15] Objevte s aplikací Mi Home kouzlo chytré domácnosti a vytěžte ze svých produktů maximum. *Xiaomi* [online]. P. Bezruč 3388, Kladno 27201: Witty Trade, 2020 [cit. 2020-10-26]. Dostupné z: <https://www.xiaomi-czech.cz/objevte-s-aplikaci-mi-home-kouzlo-chytre-domacnosti-a-vytezte-ze-svych-produktu-maximum/>
- [16] MACENAUER, Michal a Jiří PTÁČEK. *Potenciál říditelné spotřeby v ČR: možnosti uplatnění smart technologií* [online]. Hudcova 487/76a, 612 00 Brno-Medlánky, 2012 [cit. 2020-10-28]. Dostupné z: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjhiu7r4sfsAhXUDWMBHXorBMgQFjAAegQIARAC&url=https%3A%2F%2Fwww.cez.cz%2Fede%2Fcontent%2Ffile%2Fo-spolecnosti%2Fdcerine-spolecnosti%2Fcez-mereni%2Fkonference_2012%2FEGU_Macenauer_CZ.ppt&usg=AOvVaw2qEaYK4QV2goQ166S72QHX Vědecká práce. EGÚ Brno a.s.
- [17] FILIP, Jiří. HomeKit: Stavíme chytrou domácnost. *Letem světem Applem* [online]. Brno - Černá Pole, Durd'ákova 336/29, 613 00: Text Factory, 2020 [cit. 2020-10-31]. Dostupné z: <https://www.letemsvetemapplem.eu/serial/homekit-stavime-chytrou-domacnost/>
- [18] HomeKit. *Apple* [online]. International Ltd. Hollyhill Industrial Estate Hollyhill, Cork Irská republika: Apple, 2020 [cit. 2020-10-31]. Dostupné z: <https://www.apple.com/cz/shop/accessories/all-accessories/homekit?page=1&f=homebridge-wifirouter&fh=482b%2B49fd%2B466b>
- [19] Ovládání domácnosti pomocí Siri. *Podpora Apple* [online]. Apple Distribution International Ltd. Hollyhill Industrial Estate Hollyhill, Cork Irská republika: Apple, 2020 [cit. 2020-10-31]. Dostupné z: <https://support.apple.com/cs-cz/HT208280>
- [20] HomeKit. *Alza* [online]. Jankovcova 1522/53, Holešovice (Praha 7), 170 00 Praha: Alza.cz, 2016 [cit. 2020-10-31]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/apple-homekit/18857795.htm#f&cst=null&cud=0&pg=1-8&prod=&sc=27525>
- [21] PLC Tecomat Foxtrot. *Teco Advanced Automation* [online]. Průmyslová zóna Št'áralka, 984 280 02 Kolín, Česká republika: Teco, 2017 [cit. 2020-11-01]. Dostupné z: <https://www.tecomat.cz/products/cat/cz/plc-tecomat-foxtrot-3/>
- [22] *Příručka projektování CFox, RFox a Foxtrot: FOXTROT - ovládej svůj dům!* [online]. 3. Průmyslová zóna Št'áralka 984 280 02 Kolín, Česká republika: Teco, 2016 [cit. 2020-11-01]. ISBN TXV00416 rev3.d. Dostupné z: https://www.tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=txv00416_01_cfoxrfoxprojektovani_cz
- [23] *Katalog produktů: Tecomat Foxtrot, CFox, RFox* [online]. Průmyslová zóna Št'áralka 984 280 02 Kolín, Česká republika: Teco, 06/2020n. 1. [cit. 2020-11-01]. Dostupné z: <https://www.tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=foxtrot-cz>
- [24] Co jsou to obnovitelné zdroje energie? In: *E.on* [online]. F. A. Gerstnera 2151/6 370 01 České Budějovice: E.ON Česká republika, 2016 [cit. 2020-11-01]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/obnovitelne-zdroje-energie>

- [25] Vláda schválila klimatický plán požadovaný EU. Podíl zelené energie vzroste. In: *IDnes* [online]. Anděl Media Centrum, Karla Engliš 519/11, 150 00 Praha 5: MAFRA, 2020 [cit. 2020-11-01]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/ekonomika/domaci/energie-obnovitelne-zdroje-mpo-havlicek-eu.A200113_170307_eko-zahranicni_mato
- [26] Obnovitelné zdroje energie v roce 2019: Výsledky statistického zjišťování. In: *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR, Na Františku 32, 110 15 Praha: oddělení analýz a datové podpory koncepcí, 2020 [cit. 2020-11-01]. Dostupné z: https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/statistika/obnovitelne-zdroje-energie/2020/9/Obnovitelne-zdroje-energie-2019_2.pdf
- [27] Co je solární energie a jak ji doma využít? In: *E.on* [online]. F. A. Gerstnera 2151/6 370 01 České Budějovice: E.ON Česká republika, 2017 [cit. 2020-11-03]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/chytra-domacnost/jak-vyuzivat-solarni-energii/co-je-solarni-energie-a-jak-ji-doma-vyuzit>
- [28] VÝHODY SOLÁRNÍ ENERGIE. In: *EKOTECHNIK Czech* [online]. Branická 69/66 14700, Praha 4: EKOTECHNIK Czech, 2018 [cit. 2020-11-03]. Dostupné z: <http://www.ekotechnik.cz/vyhody-solarni-energie.html>
- [29] Kolik stojí solární panely? In: *E.on* [online]. F. A. Gerstnera 2151/6 370 01 České Budějovice: E.ON Česká republika, 2020 [cit. 2020-11-03]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/solarni-panely-cena#anchorScroll>
- [30] *Kolik stojí solární kolektory pro ohřev vody a vytápění? A kolik ušetříte?* [online]. In: . Cyrilská 508/7, Brno 602 00: Narrative Media, 2018 [cit. 2020-11-03]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/encyclopedia/kolik-stoji-solarni-kolektory-pro-ohrev-vody-a-vytapeni-a-kolik-usetrite/>
- [31] Jakou návratnost má solární ohřev vody? In: *E.on* [online]. F. A. Gerstnera 2151/6 370 01 České Budějovice: E.ON Česká republika, 2016 [cit. 2020-11-03]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/solarni-ohrev-vody>
- [32] Cena elektřiny za kWh opět zdražila. V roce 2020 stojí 4,76 Kč. In: *Elektrina.cz* [online]. Lomnického 1742/2a, Praha 4 147 00: Ušetřeno.cz, 2020 [cit. 2020-11-03]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/cena-elektriny-za-kwh-2020-cez-eon-pre-bohemia-centropol-a-dalsi>
- [33] Jak výhodné jsou fotovoltaické panely? In: *E.on* [online]. F. A. Gerstnera 2151/6 370 01 České Budějovice: E.ON Česká republika, 2020 [cit. 2020-11-03]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/fotovoltaicke-panely>

- [34] ING. BAŘINKA, Radim a Petr ING. KLIMEK. Postupný rozvoj využití sluneční energie fotovoltaickou technologií. *Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v České republice* [online]. 1. Guldenerova 2577/19, 326 00 Plzeň: ČEZ, 2006, 131 - 146 [cit. 2020-11-03]. ISBN -. Dostupné z: https://www.cez.cz/edee/content/file/vzdelavani/obnovitelne_zdoje_energie_a_moznosti_jejich_vyuziti_pro_cr.pdf
- [35] Co označuje jednotka kWp? In: *E.on* [online]. F. A. Gerstnera 2151/6 370 01 České Budějovice: E.ON Česká republika, 2016 [cit. 2020-11-03]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/chytra-domacnost/jak-vyuzivat-solarni-energii/co-oznacuje-jednotka-kwp#anchorScroll>
- [36] Co je to hybridní solární elektrárna? In: *E.on* [online]. F. A. Gerstnera 2151/6 370 01 České Budějovice: E.ON Česká republika, 2018 [cit. 2020-11-03]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/co-je-to-hybridni-solarni-elektrarna>
- [37] FOJTÍKOVÁ, Jana. *Větrné elektrárny* [online]. Žerotínovo nám. 617/9, 601 77 Brno, 2008 [cit. 2020-11-05]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/p0toc/Text_diplomove_prace.pdf
Diplomová práce. MASARYKOVA UNIVERZITA. Vedoucí práce Ing. Gabriela Štěpánová.
- [38] Jak funguje větrná elektrárna? In: *E.on* [online]. F. A. Gerstnera 2151/6 370 01 České Budějovice: E.ON Česká republika, 2016 [cit. 2020-11-05]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/jak-funguje-vetrna-elektrarna>
- [39] ING. HABRYCHOVÁ, Andrea a Ing. Monika HORTVÍKOVÁ. *VĚTRNÁ ENERGIE* [online]. -. Opletalova 7/918, 111 44 Praha 1: České sdružení pro biomasu, 2007 [cit. 2020-11-05]. ISBN -. Dostupné z: https://biom.cz/upload/6e01d6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/vetrna_energie.pdf
- [40] Aktuální instalace - tabulky: Větrné elektrárny v ČR. In: *ČSVE: Česká společnost pro větrnou energii* [online]. Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1: Česká společnost pro větrnou energii, 2020 [cit. 2020-11-05]. Dostupné z: <https://www.csve.cz/clanky/aktualni-instalace-vte-cr/120>
- [41] VOBOŘIL, David. Geotermální energie. In: *OEnergetice.cz* [online]. Kpt. Nálepky 620/7, Nové Dvory, 674 01 Třebíč: OM Solutions, 2015 [cit. 2020-11-07]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/geotermalni-energie>
- [42] GEOTERMÁLNÍ ENERGIE: Ekologická energie z hlubin Země – současné možnosti využívání [online]. XV. Vršovická 65, 100 10 Praha 10: Ministerstvo životního prostředí, 2007 [cit. 2020-11-07]. ISSN 1801-6898. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/4BE8C2DA7BE810F6C125725900456E0A/\\$file/planeta4_korektura3.pdf](https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/4BE8C2DA7BE810F6C125725900456E0A/$file/planeta4_korektura3.pdf)
- [43] Ing. Iveta Špičková, Ing. Jana Štuncová a Ing. Martina Šudřichová. Využití geotermální energie [online]. -. Opletalova 7/918, 111 44 Praha 1: České sdružení pro biomasu, 2008 [cit. 2020-11-07]. ISBN -. Dostupné z: https://biom.cz/upload/6e01d6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/vyuziti_geotermalni_energie.pdf
- [44] ŠAFANDA, Jan. Jaké jsou možnosti využití geotermální energie v České republice? In: *OEnergetice.cz* [online]. Kpt. Nálepky 620/7, Nové Dvory, 674 01 Třebíč: OM Solutions, 2018 [cit. 2020-11-07]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/nazory/jake-jsou-moznosti-vyuziti-geotermalni-energie-cesku>

- [45] VOBOŘIL, David. Vodní elektrárny - princip, rozdělení, elektrárny v ČR. In: OEnergetice.cz [online]. Kpt. Nálepky 620/7, Nové Dvory, 674 01 Třebíč: OM Solutions, 2016 [cit. 2020-11-07]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/vodni-elektrarny-princip-a-rozdeleni>
- [46] Vodní elektrárny v České republice: Kolik vyrobí elektřiny? In: Nazeleno.cz [online]. Cyrilská 508/7, Brno 602 00: Narrative Media, 2010 [cit. 2020-11-07]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/energie/vodni-energie/vodni-elektrarny-v-ceske-republice-kolik-vyrobi-elektriny.aspx>
- [47] O VODNÍ ENERGETICE. In: Čez.cz [online]. Duhová 2/1444, 140 53 Praha 4: ČEZ, 2012 [cit. 2020-11-07]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobni-zdroje/obnovitelne-zdroje/voda/informace-o-vodni-energetice>
- [48] ING. ŘÍHA, Milan. VODNÍ ENERGIE [online]. -. Opletalova 7/918, 111 44 Praha 1: České sdružení pro biomasu, 2011 [cit. 2020-11-07]. ISBN -. Dostupné z: https://biom.cz/upload/6e01d6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/vodni_energie.pdf
- [49] VOBOŘIL, David. Biomasa - využití, zpracování, výhody a nevýhody, energetické využití v ČR. OEnergetice.cz [online]. Kpt. Nálepky 620/7, Nové Dvory, 674 01 Třebíč: OM Solutions, 2017 [cit. 2020-11-08]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/biomasa-vyuziti-zpracovani-vyhody-a-nevyhody>
- [50] CELJAK, Ivo. Biomasa je nezbytná součást lidského života. In: CZ Biom [online]. Opletalova 7/918: České sdružení pro biomasu, 2009 [cit. 2020-11-08]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-je-nezbytna-soucast-lidskeho-zivota>
- [51] Biomasa. In: TZB-info [online]. Křenova 438, 162 00 Praha 6: Topinfo, 2015 [cit. 2020-11-08]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/biomasa>
- [52] PETŘÍKOVÁ, Vlasta. Energetické využití biomasy a rekultivace. In: Biom.cz [online]. Opletalova 7/918, 111 44 Praha 1: České sdružení pro biomasu, 2002 [cit. 2020-11-08]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/energeticke-vyuziti-biomasy-a-rekultivace>
- [53] MOLEK, Tomáš. Bioplyn a bioplynové stanice v ČR. OEnergetice.cz [online]. Kpt. Nálepky 620/7, Nové Dvory, 674 01 Třebíč: OM Solutions, 2015 [cit. 2020-11-09]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/bioplyn-a-bioplynovy-stance-v-cr>
- [54] JAK FUNGUJE BIOPLYNOVÁ STANICE. In: Cez.cz [online]. Guldenerova 2577/19, 326 00 Plzeň: ČEZ, 2016 [cit. 2020-11-09]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobni-zdroje/obnovitelne-zdroje/bioplyn/jak-funguje-bioplynova-stance>
- [55] PASTOREK, Zdeněk. Bioplyn – užitečný zdroj energie nebo riskantní způsob podnikání. In: Biom.cz [online]. Opletalova 7/918, 111 44 Praha 1: České sdružení pro biomasu, 2008 [cit. 2020-11-09]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplyn-uzitecny-zdroj-energie-nebo-riskantni-zpusob-podnikani>

- [56] Loxone_main. In: Sorryman.cz [online]. WordPress s.r.o., Jiříčkova 751, 373 82 Včelná: Sorryman, 2014 [cit. 2021-01-10]. Dostupné z: [https://www.sorryman.cz/wp-content/uploads/2014/01/loxone_main.png?lightbox\[modal\]=true](https://www.sorryman.cz/wp-content/uploads/2014/01/loxone_main.png?lightbox[modal]=true)
<https://www.sorryman.cz/inteligentni-domacnost/>
- [57] The built enviromen. In: Ctc-n.org [online]. UN City, Marmorvej 51, 2100 Copenhagen, Denmark: CTCN, 2011 [cit. 2021-01-10]. Dostupné z: <https://www.ctc-n.org/technology-library/built-environment/building-energy-management-systems-bems>
- [58] Ios14-homepod-mini-apple-tv-automation-hero. In: Support.apple.com [online]. Apple One, Apple Park Way, Cupertino, CA 95014: Apple, 2020 [cit. 2021-01-10]. Dostupné z: <https://support.apple.com/cs-cz/HT207057>
- [59] Obr. 9.4.1.1 Ilustrační příklad propojení systémů Control4 a Foxtrot. Příručka projektování CFox, RFox a Foxtrot: FOXTROT - ovládej svůj dům! [online]. 3d. Průmyslová zóna, Štářalka 984 280 02, Kolín, Česká republika: Teco, 2016, str 335 z 657 [cit. 2021-01-10]. ISBN TXV00416 rev.3d. Dostupné z: https://www.tecomat.cz/download/get/txv00416_01_cfoxrfoxprojektovani_cz/94
- [60] MAJEROVÁ, Barbora. Article-solarly-adobestock-82260045. In: Elektrina.cz [online]. Ušetřeno.cz s.r.o., Lomnického 1742/2a, Praha 4, 147 00 Česká republika: Elektrina.cz, 2020 [cit. 2021-01-10]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/solarni-panely-pro-a-proti>
- [61] SIENICKI, Tomasz. Větrné elektrárny v dánském Vendsysselu. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2004 [cit. 2021-01-11]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Větrná_energie#/media/Soubor:Turbiny_wiatrowe_ubt.jpeg
- [62] KRONEISL, Jan. Vodni-elektrarna-Kostarika: Nové vodní elektrárny pro Mexiko: Sliby prezidenta versus realita. In: OEnergetice.cz [online]. Kpt. Nálepky 620/7, Nové Dvory, 674 01 Třebíč: OM Solutions, 2018 [cit. 2021-01-11]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/zahranicni/nove-vodni-elektrarny-mexiko-sliby-prezidenta-versus-realita>
- [63] Instalovaný výkon v ES ČR a rozdělení do jednotlivých krajů v ČR [MW]. ERÚ Čtvrtletní zpráva o provozu elektrizační soustavy ČR [online]. Masarykovo náměstí 5, 586 01 Jihlava: Energetický regulační úřad, 2021, 2020(IV. čtvrtletí), str 15 / 44 [cit. 2021-03-22]. Dostupné z: http://www.eru.cz/documents/10540/6616306/Ctvrtletni_zprava_2020_IV_Q.pdf/ef32acb e-8093-4abd-a2cc-43ae3470bf96
- [64] Informační bulletin pro uživatele systémů firmy Teco a.s.: TECO info [online]. 39. Průmyslová zóna Štářalka 984, 280 02 Kolín, Česká republika: Teco, 03/2018n. 1. [cit. 2021-03-24]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/105526353-Advanced-automation-tecomat-foxtrot-kompletne-ridi-novou-budovu-spolecnosti-teco-informacni-bulletin-pro-uzivatele-systemu-firmy-teco-a-s.html>
- [65] Průměrné měsíční doby slunečního svitu ve vybraných lokalitách ČR. TZB-info [online]. Křenova 438/3, 162 00, Praha 6: Topinfo, 2020 [cit. 2021-04-03]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/99-prumerne-mesicni-doby-slunecniho-svitu-ve-vybranych-lokalitach-cr>
- [66] Nové energetické štítky od března 2021: Jaké změny nás čekají? Alza.cz [online]. Jankovcova 1522/53, 170 00 Praha 7 - Holešovice: Alza.cz, 1994, 2021 [cit. 2021-04-08]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/nove-energeticke-stitky-od-brezna-2021>

- [67] *Znáte výpočet spotřeby elektrické energie? E.on.cz* [online]. F. A. Gerstnera 2151/6 370 01 České Budějovice: E.ON Česká republika, 2018 [cit. 2021-04-08]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/vypocet-spotreby-elektricke-energie>
- [68] *Žatec: Měsíční statistiky. In-pocasi.cz* [online]. Kotíkovská 1268/75, Plzeň 323 00: InMeteo, 2021 [cit. 2021-04-11]. Dostupné z: <https://www.in-pocasi.cz/archiv/zatec/>
- [69] *Podnebí Žatec: Průměrné teploty a úhrn srážek. Meteoblue.com* [online]. CH-4005, Basel, Switzerland: meteoblue, 2021 [cit. 2021-04-11]. Dostupné z: https://www.meteoblue.com/cs/pocasi/historyclimate/climatemodelled/Žatec_Česko_3061822
- [70] *Příspěvek na fotovoltaiku pro rodinné domy v Nové zelené úsporám. TZB-info* [online]. Křenova 438/3, 162 00 Praha 6: Topinfo, 2019 [cit. 2021-04-11]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/zelena-usporam-na-tzb-info/13476-prispevek-na-fotovoltaiku-pro-rodinne-domy-v-nove-zelene-usporam>
- [71] *Závazné pokyny pro žadatele a příjemce podpory z podprogramu Nová zelená úsporám RODINNÉ DOMY* [online]. -. Olbrachtova 2006/9, 140 00 Praha 4: Státní fond životního prostředí ČR, 2018 [cit. 2021-04-11]. ISBN -. Dostupné z: https://www.tzb-info.cz/docu/clanky/0134/013476_NZU_Zavazne%20pokyny%20pro%20zadatele%20RD%203-vyzva_2018-09.pdf
- [72] *Cenový kalkulátor. Eru.cz* [online]. Masarykovo náměstí 5, 586 01 Jihlava: Energetický regulační úřad, 2021 [cit. 2021-04-12]. Dostupné z: <https://kalkulator.eru.cz>
- [73] *Programování PLC podle normy IEC 61 131-3 v prostředí Mosaic* [online]. Desáté vydání. Průmyslová zóna Šťáralka 984 280 02 Kolín, Česká republika: Teco, 2007 [cit. 2021-04-18]. ISBN TXV 003 21.01. Dostupné z: https://www.tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=txv00321_01_mosaic_progiec_cz
- [74] *Nástroj WebMaker* [online]. Desáté vydání. Průmyslová zóna Šťáralka 984 280 02 Kolín, Česká republika: Teco, 2013 [cit. 2021-04-18]. ISBN TXV 003 28.01. Dostupné z: https://www.tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=txv00328_01_mosaic_webmaker_cz
- [75] *ZAČÍNÁME V PROSTŘEDÍ MOSAIC* [online]. 8. vydání. Průmyslová zóna Šťáralka 984 280 02 Kolín, Česká republika: Teco, 2010 [cit. 2021-04-18]. ISBN TXV00320_01. Dostupné z: https://www.tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=txv00320_01_mosaic_progstart_cz
- [76] *ET Series: Three Phase Hybrid Inverter (HV Battery)*. In: GoodWe your solar engine [online]. Level 14, 380 St. Kilda Road, Melbourne, Victoria, 3004, Australia: GoodWe, 2021 [cit. 2021-04-18]. Dostupné z: https://www.goodwe.com/Public/Uploads/productsen/pdf/GW_ET_Datasheet-EN.pdf
- [77] *HIGH VOLTAGE ENERGY STORAGE SYSTEM: H48050*. In: Pylontech [online]. No. 73, Lane 887, Zu Chongzhi Road, Zhangjiang Hi-Tech Park Pudong, Shanghai 201203, P.R. China: Pylon Technologies Co., 2020 [cit. 2021-04-18]. Dostupné z: https://www.fve-mp.cz/data/blob/product-application_pdf-20190206122150-6348-pylontech-powercube-en-datasheet.pdf
- [78] *5 firem vykupuje přebytky z FVE*. In: Nemadej.cz [online]. 783 57, Tršice 54: VR OZE systems, 2020 [cit. 2021-04-19]. Dostupné z: <https://www.nemadej.cz/5-firem-vykupuje-prebytky-z-fve-o512>

10 Seznam příloh

Název	Popis
<u>_PG_Michalek-bakalarska_prace_2021-05-30_20-51-33</u>	Praktická část práce – program simulace domu v prostředí Mosaic