



**Vyšší odborná škola  
a Střední průmyslová škola elektrotechnická  
Plzeň, Koterovská 85**

## **DLOUHODOBÁ MATURITNÍ PRÁCE S OBHAJOBOU**

**Téma: Automatické řízení ohřevu TUV mezi přebytky FVE, sítí a  
peletovým kotlem**

**Autor práce: Adam Popilka  
Třída: 4.M  
Vedoucí práce: Ing. Pavel Jedlička  
Dne: 27.3.2024**

**Hodnocení:**



**Vyšší odborná škola  
a Střední průmyslová škola elektrotechnická  
Plzeň, Koterovská 85**

**Zadání dlouhodobé maturitní práce**

**Žák:** Adam Popilka  
**Třída:** 4. M  
**Studijní obor:** 78-42-M/01 Technické lyceum  
**Zaměření:** Kybernetika  
**Školní rok:** 2023 - 2024

**Téma práce:** *Automatické řízení ohřevu TUV mezi přebytky FVE, sítí a peletovým kotlem*

**Pokyny k obsahu a rozsahu práce:**

1. Seznámení s technologií + popis
2. Definice vstupních a výstupních veličin
3. Tvorba algoritmu
4. Specifikace PLC
5. Test řízení/realizace

**Plán konzultací:**

Říjen 2023 – Nákup součástek  
Listopad 2023 – Návrh a rozkreslení  
Prosinec 2023 – Algoritmus  
Leden 2024 – Začátek programování PLC  
Únor 2024 – Programování PLC  
Březen 2024 – Finále

**Termín odevzdání:** 27. března 2024

**Čas obhajoby:** 15 minut

**Vedoucí práce:** Ing. Pavel Jedlička

V Plzni dne: 30. září 2023

Mgr. Vlastimil Volák  
*ředitel školy*

## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval za cenné rady a odborné vedení vedoucímú práce Ing. Pavlu Jedličkovi. Velké poděkování patří také mým rodičům, kteří se nějakým způsobem podíleli na řešení, poskytovali mi konzultace, cenné rady, a i potřebné technologické zařízení. Děkuji za podporu, především za odborné technické konzultace mému otci Ing. Petru Popilkovi a za podporu při metodickém zpracování Ing. Kateřině Popilkové, MBA.

## **Anotace**

Maturitní práce je zaměřena na automatizaci při využití přebytků vyrobené energie z instalované fotovoltaické elektrárny na rodinném domě k ohřevu teplé užitkové vody a tím omezení spotřeby dalších druhů paliva, tedy peletků, či dřeva nebo elektřiny ze sítě. Ohřev teplé užitkové vody z přebytků elektrárny bude na základě vytvořeného algoritmu automaticky řízen s použitím volně programovatelného logického automatu LOGO od firmy SIEMENS.

## **Annotation**

The long-term graduation work is focused on an automation in the use of surplus energy produced from the installed photovoltaic power plant in a family house to heat supply hot water and thus reduce the consumption of other types of fuel, i.e. pellets or wood or electricity from the grid. The heating of supply hot water from the surplus of the power plant will be automatically controlled on the basis of a developed algorithm using a freely programmable logic device LOGO from SIEMENS.

## **Prohlášení**

„Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně a použil literárních pramenů a informací, které cituji a uvádím v seznamu použité literatury a zdrojů a informací.“

„Souhlasím s využitím mé práce učiteli VOŠ a SPŠE Plzeň k výuce.“

V Plzni dne: ..... Podpis: .....

## Obsah

1	Úvod.....	5
2	Popis současného stavu instalované technologie.....	6
2.1	FVE.....	6
2.2	Vytápění a ohřev TUV.....	7
2.3	Popis problematiky, zadání – návrh řešení.....	9
3	Definice vstupních a výstupních veličin.....	11
4	Vlastní algoritmus popis.....	12
5	Popis PLC a jeho možnosti.....	14
6	El. zapojení PLC.....	16
7	El. zapojení do obvodů zdrojů tep. energie.....	17
8	Vlastní algoritmus řízení ohřevu TUV.....	17
9	Testování a realizace řízení.....	19
9.1	Simulace řízení s využitím PC.....	19
9.1.1	Test programu PLC – SW simulace.....	19
9.1.2.	Test programu PLC pomocí simulátoru analogových veličin METRAHIT Process.....	25
9.2	Reálný test s instalací řídicí jednotky v obvodu topného systému RD.....	30
10	Závěr.....	32
11	Přílohy.....	34
	Příloha A – Datový štítek fotovoltaického panelu Phono Solar.....	34
	Příloha B - El. zapojení logického automatu LOGO (EPLAN).....	35
	Příloha C - El. zapojení do obvodů zdrojů tep. energie.....	36
12	Použité zdroje.....	37

# 1 Úvod

V maturitní práci se zabývám maximálním využitím vyrobené elektřiny z fotovoltaické elektrárny (FVE) instalované na rodinném domě (RD). Pomocí automatického řízení s použitím programovatelného logického automatu (PLC) SIEMENS LOGO, přebytky elektřiny z fotovoltaické elektrárny (FVE) chci využít k ohřevu 300 l zásobníku teplé užitkové vody (TUV) pro RD.

Cílem mojí maturitní práce je tedy efektivně (řízeně) využít přebytků vyrobené energie z instalované FVE na rodinném domě (RD) k ohřevu TUV a tím omezit spotřebu dalších druhů paliva, tedy pelet, či dřeva, případně elektřiny ze sítě. Definováním algoritmu řízení stanovím možnosti volby zapojení doplňkových zdrojů energie (kotel, el. spirála) k případnému nedostatečnému ohřevu vody z přebytků elektrárny. Pomocí takového automatického řízení bych především rád omezil počet startů kotle a tím zkrátil jeho provozní dobu při dodržení podmínky/požadavku na dostatečné množství TUV ve večerních hodinách letní sezóny.

První kapitoly maturitní práce budou teoretické, zaměřené na popis současného stavu instalované technologie, tedy fotovoltaické elektrárny a celého topného systému RD. V současné době se TUV ohřívá pomocí kotle na tuhá paliva, spalováním dřeva a zejména dřevěných pelet.

V dalších kapitolách se budu věnovat analytické části, a to nejprve definici vstupních a výstupních veličin pro samotný algoritmus řízení. Také se zaměřím na specifikaci PLC a jeho vlastní naprogramování.

V předposlední kapitole bude popsán test samotné realizace řízení, rozdělen do simulace řízení s využitím Pc a reálný test s instalací řídicí jednotky v obvodu topného systému RD.

V poslední závěrečné kapitole se zaměřím na shrnutí dané problematiky.

## 2 Popis současného stavu instalované technologie

### 2.1 FVE

Základem FVE je 16ks fotovoltaických panelů Phono Solar o deklarovaném výkonu 455Wp (Watt peak) <sup>1</sup> na panel (viz příloha A data štítek panelu) tj. o celkovém výkonu 7,28kWp a ČEZ BATTERY BOX obsahující 3fázový střídač včetně akumulátorů s kapacitou 9,6Wh.



Obr. 1 FVE na RD [zdroj: vlastní]

---

<sup>1</sup> Watt peak (Wp) - jednotkou **výkonu fotovoltaického panelu** je **Wp** (watt peak). Wp je jednotkou špičkového výkonu dodávaného solárním zařízením za ideálních podmínek, jde tedy přibližně o výkon dodávaný panelem či fotovoltaickým systémem za běžného **bezoblačného letního dne**. Výkon běžně budovaných solárních elektráren je udáván v kWp (tedy tisících Wp). Instalovaný výkon 1 kWp je přitom schopen **vyrobit přibližně 1 000 kWh elektřiny ročně**. [Watt peak \(Wp\) – Slovník pojmů | Elektřina.cz \(elektřina.cz\)](http://www.elektřina.cz)

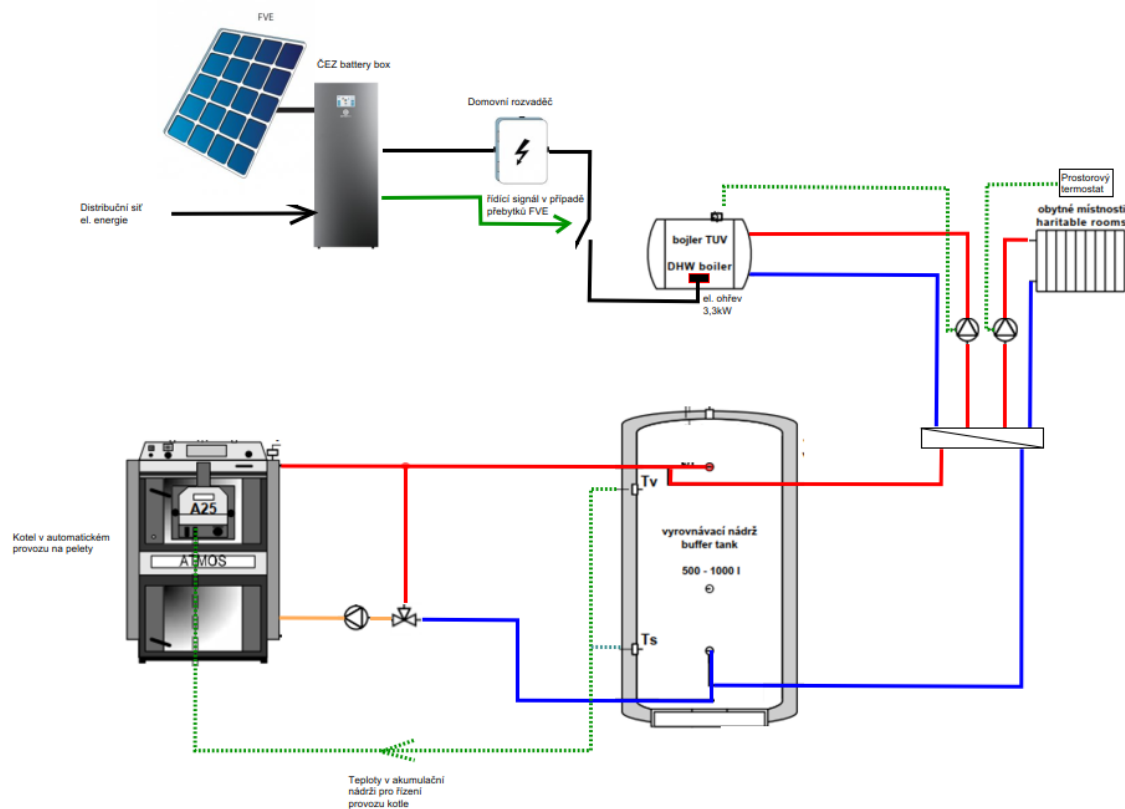


Obr. 2 Battery box [zdroj: <https://www.cez.cz>]

## 2.2 Vytápění a ohřev TUV

Zdrojem tepelné energie je kotel na tuhá paliva „ATMOS DC18S s úpravou“. Tento kotel lze provozovat v režimu spalování palivového dřeva s ručním přikládáním, anebo v automatickém režimu hořáku A25 při spalování dřevěných pelet ze zásobníku paliva o kapacitě 350 l. Dále v mé práci budu řešit pouze automatický provoz kotle (na pelety). Kotel ohřívá akumulární nádrž o objemu 1000 l, ze které je pomocí čerpadel zajištěno vytápění objektu RD a ohřev TUV v kombinovaném bojleru o objemu 300 l. Kotel je zapojen tak, že přednostně dochází k ohřevu TUV v bojleru a až potom k ohřevu akumulární nádrže.

Kotel v automatickém režimu udržuje teplotu v akumulční nádrži v nastaveném rozsahu teplot. Teploty jsou měřeny RTD umístěných v horní a spodní části akumulční nádrže. Kotel startuje, pokud teplota spodní vody v nádrži klesne pod 50 °C a vypíná, pokud teplota horní vody přesáhne 75°C. Čerpadlo okruhu vytápění je ovládáno prostorovým termostatem a teplota topné vody je trojcestným ventilem udržována na 40 °C +/- 3°C. Teplota TUV v bojleru je měřena RTD, kterou vyhodnocuje termostát s nastavenou teplotou 42 °C, ten spíná čerpadlo okruhu ohřevu bojleru. Dále je bojler ohříván elektrickou topnou spirálou 3,3kW z přebytků FVE. Spínání topné spirály je řešeno přímo v ČEZ BATTERY BOXU výstupním signálem 24VDC s pomocným relé a stykačem který spíná silový obvod spirály.



Obr. 3 Schéma vytápění a ohřevu TUV stávající stav [zdroj: vlastní]



## 2.3 Popis problematiky, zadání – návrh řešení

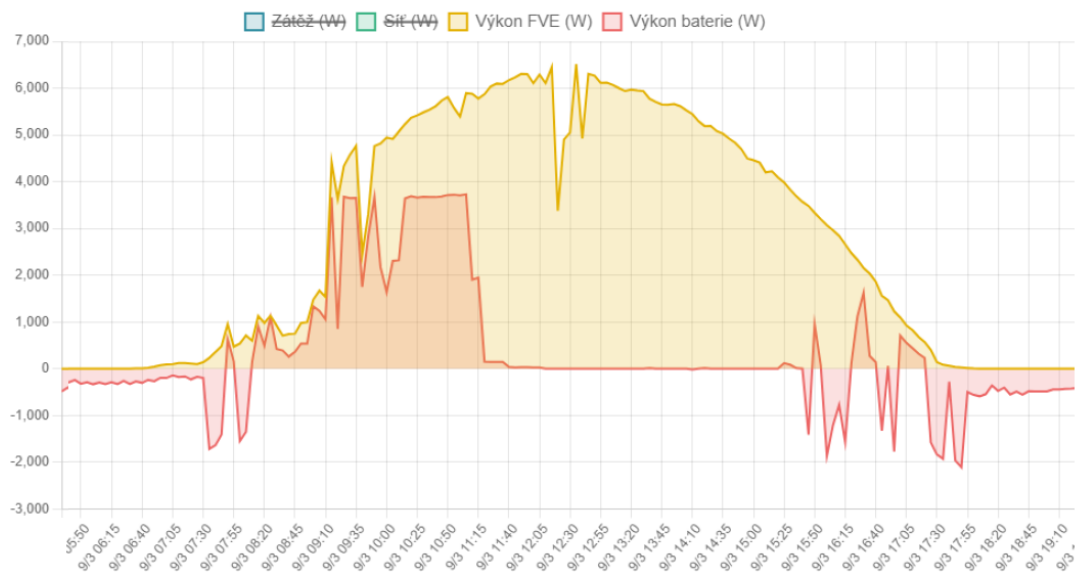
Nevýhoda konfigurace vytápění a ohřevu TUV popsané v kapitole 2.2. se projevuje v především v letní sezóně, kdy není zásadní požadavek na vytápění RD, a přesto kotel ve svém automatickém režimu udržuje nahřátou celou akumulární nádrž 1000 l jen pro ohřev TUV v bojleru. Přebytek FVE vzniká v případě, že baterie Battery boxu je nabitá na 100 % a stále dochází k výrobě z panelů z FVE. Přebytky jsou ale nyní těžko předvídatelné, a proto nelze jednoduše v letní sezóně odstavit kotel a spoléhat se pouze na ohřev TUV jen z přebytků z FVE. A proto se v rámci mé maturitní práce pokusím vytvořit a následně i odladit algoritmus pro výběr zdroje dohřevu TUV buď el. spirálou bojleru nebo energií z kotle povolením jeho startu, při nedostatečném ohřevu z přebytků FVE.

Budu tedy realizovat automatizaci pro ohřívání TUV, což zahrnuje vytvoření algoritmu, naprogramování do PLC a následné testování, simulace na modelu a následně test v reálném zapojení. Pomocí automatického řízení s použitím PLC (SIEMENS LOGO) chci omezit počet startů kotle a tím zkrátit jeho provozní dobu ve srovnání se stávajícím stavem při dodržení požadavku na dostatečné množství TUV ve večerních hodinách letní sezóny.

Na obrázku č.4 a č.5 jsou zachyceny průběhy ukazující vybrané reálné případy průběhu výroby z FVE ve dvou extrémních režimech:

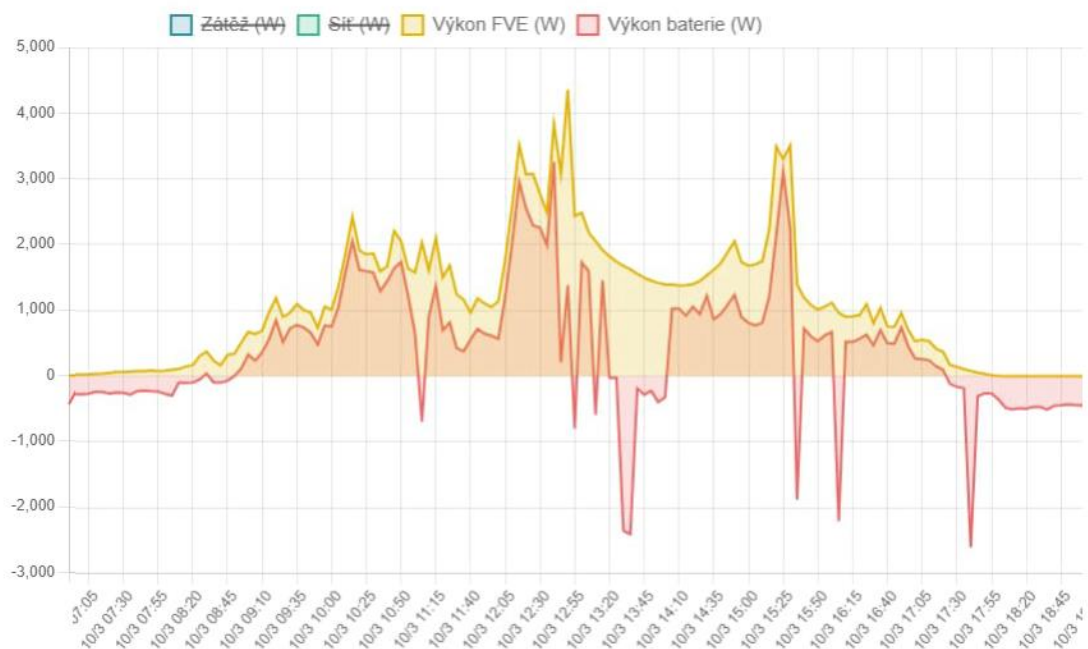
### **1) V den s velkým slunečním svitem, a tudíž s dostatečnou energií k ohřevu TUV z FVE.**

V době nejintenzivnější výroby energie tedy v čase 11:20 až 15:30 hod byly přebytky FVE spotřebovány na ohřev TUV v bojleru, do kterého bylo takto dodáno cca 18kWh energie, což odpovídá nárůstu teploty vody o cca 50°C.



Obr. 4 průběh výroby z FVE za slunného dne 9.3.2024

**2) V den s nízkým slunečním svitem, a tudíž s nedostatečnou energií k ohřevu TUV z FVE, kdy je nutné ohřev řešit startem kotle.**



Obr. 5 průběh výroby z FVE ze dne 10.3.2024 s minimem slunečního svitu

Jak vyplývá z průběhu výroby energie (viz obr. 5) v den s nízkým slunečním svitem, FVE nebyla schopná ani plně nabít zabudované akumulátory v BATTERY BOXU, natož přispět k ohřevu TUV. V tomto případě je nutné ohřev TUV řešit dohřevem z jiného zdroje např. startem kotle.

### **3 Definice vstupních a výstupních veličin**

Hlavní vstupní veličinou bude teplota TUV v bojleru, dále definování požadavku na její množství a technické možnosti doplňkových zdrojů energie - el. spirála bojleru 3,3kW a peletový kotel.

Výstupem budou ovládací elektrické signály pro el. spirálu anebo pro peletový kotel, které budou generovány kontaktními výstupy PLC.

#### **Vstupní veličiny:**

##### **1) Teplota TUV v bojleru:**

Teplotu TUV budu měřit článkem PT100 pro který je PLC vybaven rozšiřujícím modulem s analogovými vstupy. Daný bojler je osazen rezervní jímkou o průměru 6 mm. Měřicí článek umístím do této jímky, která je umístěna ve spodní třetině výšky bojleru (viz obr. 3).

##### **2) Požadavek na množství TUV:**

Vyhodnocení, zda je nebo není dostatek TUV vyřeším volbou pevného času vyhodnocení teploty a to v 17:00h.

Tuto hodinu/časovou konstantu jsem zvolil s přihlédnutím k faktu, že v této době již většinou FVE nebude mít dostatečný výkon, aby byl aktivní ohřev bojleru přebytky z FVE a docházelo k dalšímu zvyšování teploty TUV (viz obr. 4 a 5). Zároveň je však ještě dostatek času pro případný dohřev TUV buď el. spirálou nebo provozem kotle. Budu předpokládat, že 300 l objem kombinovaného bojleru zajistí dostatek TUV pro jeden běžný den provozu domácnosti v RD, a tak bude stačit provést vyhodnocení algoritmu pouze 1x za den.

## Výstupní veličiny – ovládání zdrojů

### 3) Doplnkové zdroje tep. energie

#### a) El. spirála bojleru 3,3kW

Z podstaty lze jednoduše aktivovat spirálu pomocným stykačem aktivovaným výstupem Q1. Bojler je sám o sobě vybaven termostatem, který jej ochrání před případným přetopením.

#### b) Peletový kotel

Automatický peletový kotel je samostatně řízen teplotami v ak. nádrži. Zapojení výstupů Q2 a Q3 bude blokovat jeho start až do splnění podmínek pro dohřev TUV z peletového kotle.

## 4 Vlastní algoritmus popis

Zadání a popis řešení: Automatizace bude spočívat ve vyhodnocení teploty TUV:

**Jsou možné tyto 3 provozní stavy:**

- 1)  $t > 50\text{ °C}$  – Ohřev z přebytků FVE byl dostatečný a vytvořil dostatečnou zásobu TUV, není třeba aktivovat zdroj tepelné energie.
- 2)  $45\text{ °C} < t < 50\text{ °C}$  – Ohřev z přebytků FVE nevytvořil dostatečnou zásobu TUV, ale pro její dosažení není potřeba velké množství energie. Lze vypočítat, že pro ohřev 300 l bojleru o  $5\text{ °C}$  potřebují dodat cca 2kWh tepelné energie, což při výkonu spirály 3,3kW představuje cca 35 minut provozu spirály.

Výpočet:

Měrná tepelná kapacita vody:  $4180\text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$

Energie potřebná pro ohřev 300 l o  $5\text{ °C}$ :

$$4180 \cdot 300 \cdot 5 / 3600 = 1740\text{ Wh} \sim 2\text{ kWh}$$

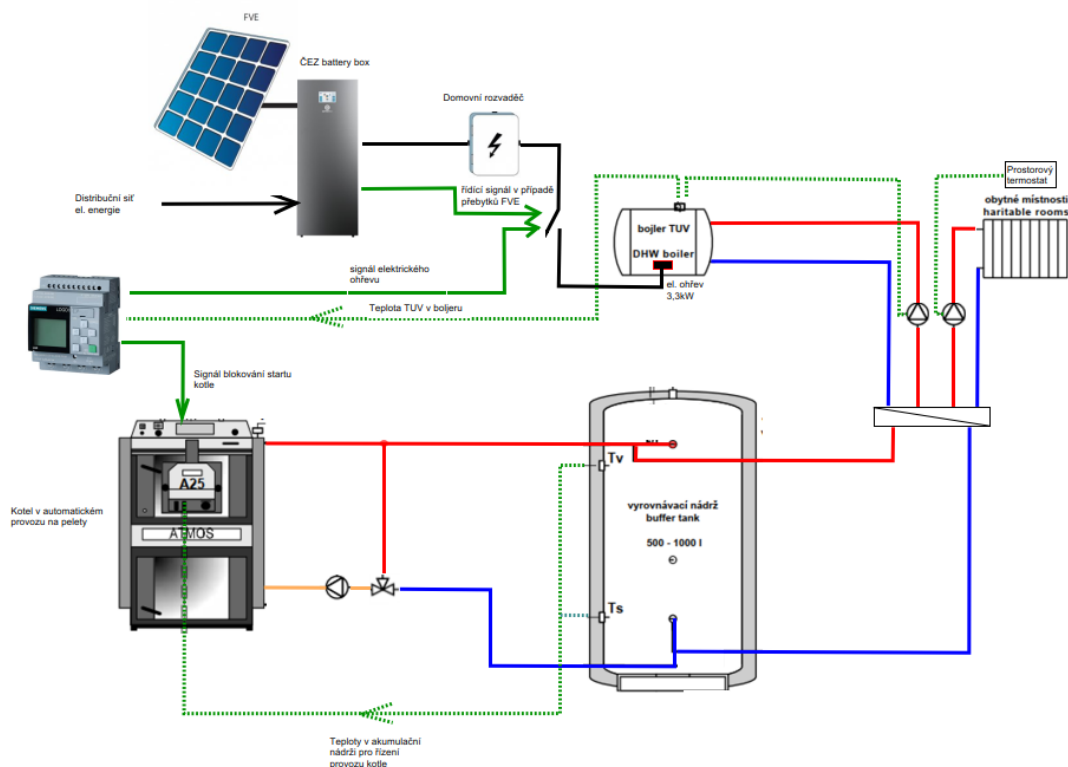
Čas provozu 3,3kW spirály pro dodání 2kWh energie:

$$60 / 3,3 \cdot 2 = 36,4\text{ min} \sim 40\text{ min}$$

Proto algoritmus bude aktivovat výstup Q1, který ovládá pomocný stykač zapínající el. ohřev bojleru. Na tento výstup nastavím přídrž 40 min, což by měl být dostatečný čas pro dosažení teploty min 50°C.

- 3)  **$t < 45\text{ °C}$**  Ohřev z přebytků FVE nevytvořil dostatečnou zásobu TUV a je nutné dodat více než 2kWh energie pro její ohřev. Proto algoritmus bude aktivovat výstup Q2 a Q3, které jsou zapojeny do obvodů kotle jako „odblokování startu“. Pokud teplota TUV je nižší než 45 °C lze s určitostí říci že teplota v ak. nádrži je také na úrovni +/- 45 °C a automatický kotel bude ihned startovat, pokud zruším blokovací signál od výstupů Q2 a Q3. Pro výstupy Q2, Q3 je nutné použít přídrž 4 h, což je dostatečný čas pro plný ohřev bojleru i akumulární nádrže. Tato doba byla zjištěna sledováním provozu zařízení.
- 4)  **$t > 80\text{ °C}$  havarijní ochrana proti přetopení.** Při překročení této teploty dojde k rozepnutí kontaktů a tím odstavení doplňkového zdroje, tj. spirály nebo kotle.

Je třeba zmínit, že takto nastavené teploty a časy přídrží jsou pouze prvním návrhem, který bude nutné ověřit a odladit při zkouškách v reálném provozu. Tento cyklus se bude opakovat každý den či týden, nejlépe po celou letní sezonu.



Obr.6 Schéma vytápění a ohřevu TUV s PLC LOGO [zdroj: vlastní]

## 5 Popis PLC a jeho možnosti

Automatický logický automat LOGO od firmy SIEMENS je specifikován jako volně programovatelný logický automat pro řešení logických úloh v průmyslu i domácím použití. Základní jednotka je vybavena displejem na čelním panelu, který umožňuje získat základní přehled o aktuálním stavu vstupů a výstupů, aniž by bylo nutné připojovat PC s instalovaným programem. Výstupní kontakty jsou dimenzovány na úroveň 230VAC. Dále lze jednotku rozšířit o přídatné moduly binárních nebo analogových vstupů / výstupů. V mém případě je rozšířená o modul analogových vstupů RTD.



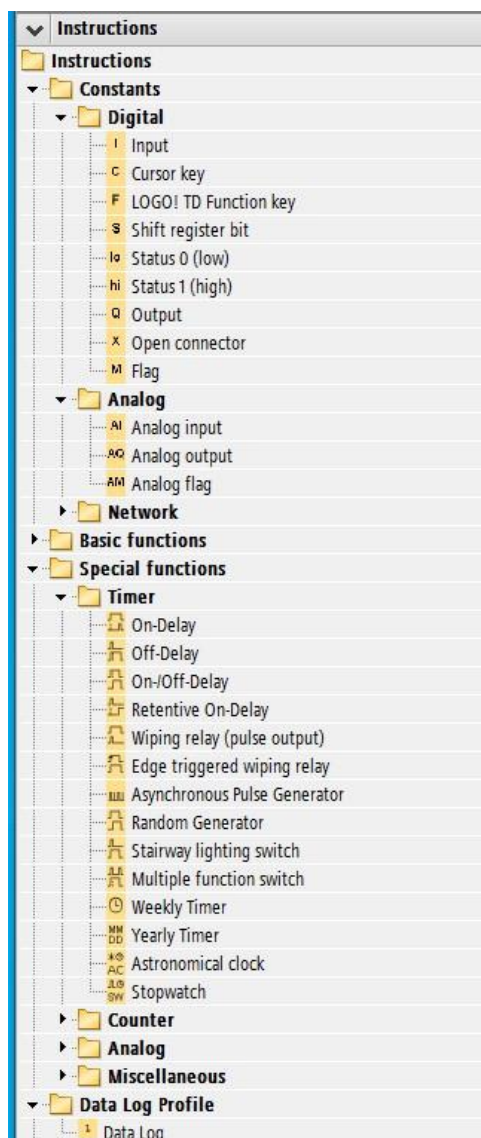
Obr.7 Logický automat LOGO základní jednotka

[zdroj: <https://assets.new.siemens.com/>]

Pro programování je určen **SW LOGO SOFT COMFORT**. Program LOGO Soft Comfort je velmi intuitivní a obsahuje rozsáhlé předdefinované knihovny logických členů od základních AND, OR až po časové členy, klopné obvody atd. tím poskytuje solidní základ pro vytváření celé řady aplikací.



Obr.8 Ikona SW LOGO Soft Comfort [zdroj: <https://assets.new.siemens.com/>]



Obr.9 Knihovna logických funkcí LOGO Soft Comfort  
[zdroj: SW LOGO Soft Comfort]

## 6 El. zapojení PLC

Výkres el. zapojení logického automatu LOGO viz **Příloha B** kapitola 11.



## **7 El. zapojení do obvodů zdrojů tep. energie**

### **1) Elektrická spirála bojleru**

Výstupní kontakt Q1 je zapojen společně s výstupem pomocného relé BATTERY BOXU na cívku stykače v silovém obvodu spirály.

### **2) Peletový kotel**

Výstupní signál pro povolení/blokování startu kotle je nutné zapojit do vnitřních obvodů kotle (viz. Příloha C el. schéma zapojení do obvodů zdrojů tep. energie). Kotel je vybaven provozním vypínačem, do jehož obvodu sériově zapojím výstupní kontakty Q2 a Q3.

## **8 Vlastní algoritmus řízení ohřevu TUV**

Popis algoritmu uvedený výše v bodě 4 jsem převedl do logického diagramu s použitím logických bloků obsažených v knihovně SW. Při tvorbě logického diagramu jsem používal funkci „Simulation,“ která v rámci SW umožňuje simulaci jednotlivých vstupních signálů a umožňuje sledovat chování algoritmu.

### **Popis a funkce jednotlivých použitých bloků algoritmu (viz obr.10):**

AI1 – analogový vstup teplot TUV, kde je zapojen PT100 z bojleru

B001 – časovač s nastaveným zahájení měření v 17:00 hod

B002 – vyhodnocení teploty 45 °C–50 °C

B005 – vyhodnocení teploty <45 °C

B008 – vyhodnocení teploty >80 °C

B006 – přídrž signálu na 40 minut s el. spirálou

B007 – přídrž signálu na 4 hodiny se startem kotle

Q1 – výstup kontakt Q1 – elektrická spirála bojleru

Q2 – výstup kontakt Q2 – povolení/blokování startu kotle

Q3 – výstup kontakt Q3 – povolení/blokování startu kotle



## **9 Testování a realizace řízení**

### **9.1 Simulace řízení s využitím PC**

#### **9.1.1 Test programu PLC – SW simulace**

Test je proveden pro 3 provozní stavy vstupních veličin a to:

##### **Provozní stav 1) bez aktivace doplňkových zdrojů**

###### **1) Nastavení vstupních veličin:**

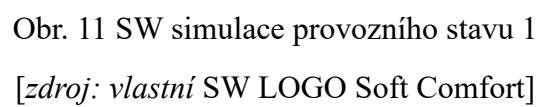
Teplota TUV v bojleru:  $t = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$

Čas vyhodnocení teploty: 17:00 hod.

###### **2) Výstupní veličiny – ovládání zdrojů**

$t > 50\text{ }^{\circ}\text{C}$  – Ohřev z přebytků FVE byl dostatečný a vytvořil dostatečnou zásobu TUV, není třeba aktivovat zdroj tepelné energie.

Jak je patrné z níže uvedeného obrázku 13, nedošlo tedy k aktivaci výstupních kontaktů doplňkových zdrojů Q1 el. spirály ani Q2 a Q3 kotle.



## **Provozní stav 2) aktivace el. spirály**

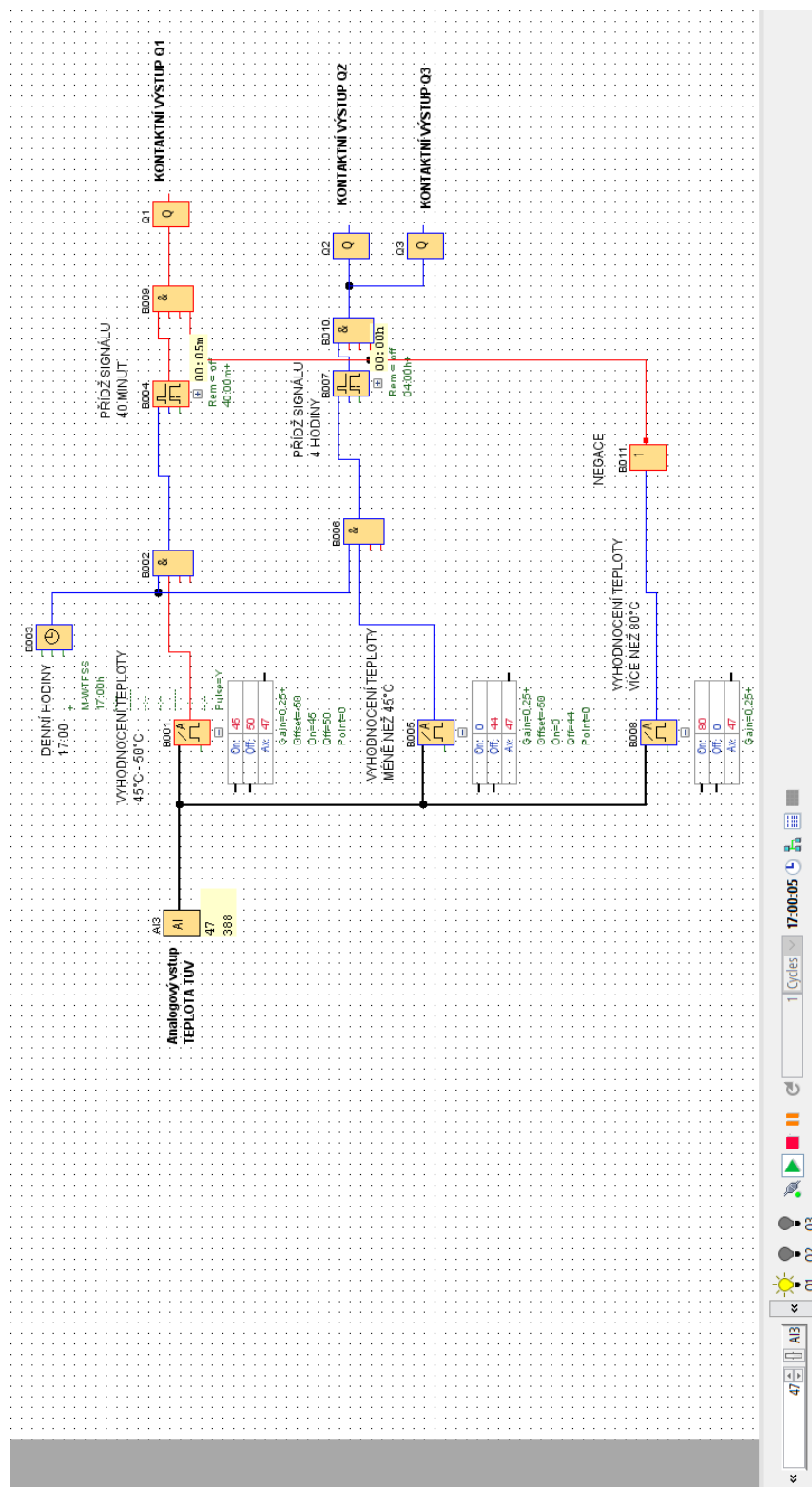
### **1) Nastavení vstupních veličin:**

Teplota TUV v bojleru:  $t = 47\text{ }^{\circ}\text{C}$

Čas vyhodnocení teploty: 17:00 hod.

### **2) Výstupní veličiny – ovládání zdrojů**

$45^{\circ}\text{C} < t < 50^{\circ}\text{C}$  – Ohřev z přebytků FVE nevytvořil dostatečnou zásobu TUV. Proto algoritmus aktivoval výstup Q1, který ovládá pomocný stykač zapínající el. ohřev bojleru, jak je patrné z níže uvedeného obrázku 14 aktivován kontakt Q1 – „svítí kontrolka žlutá žárovka Q1.“



Obr. 12 SW simulace provozního stavu 2  
[zdroj: vlastní SW LOGO Soft Comfort]

### **Provozní stav 3) aktivace kotle**

#### **1) Nastavení vstupních veličin:**

Teplota TUV v bojleru:  $t = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$

Čas vyhodnocení teploty: 17:00 hod.

#### **2) Výstupní veličiny – ovládání zdrojů**

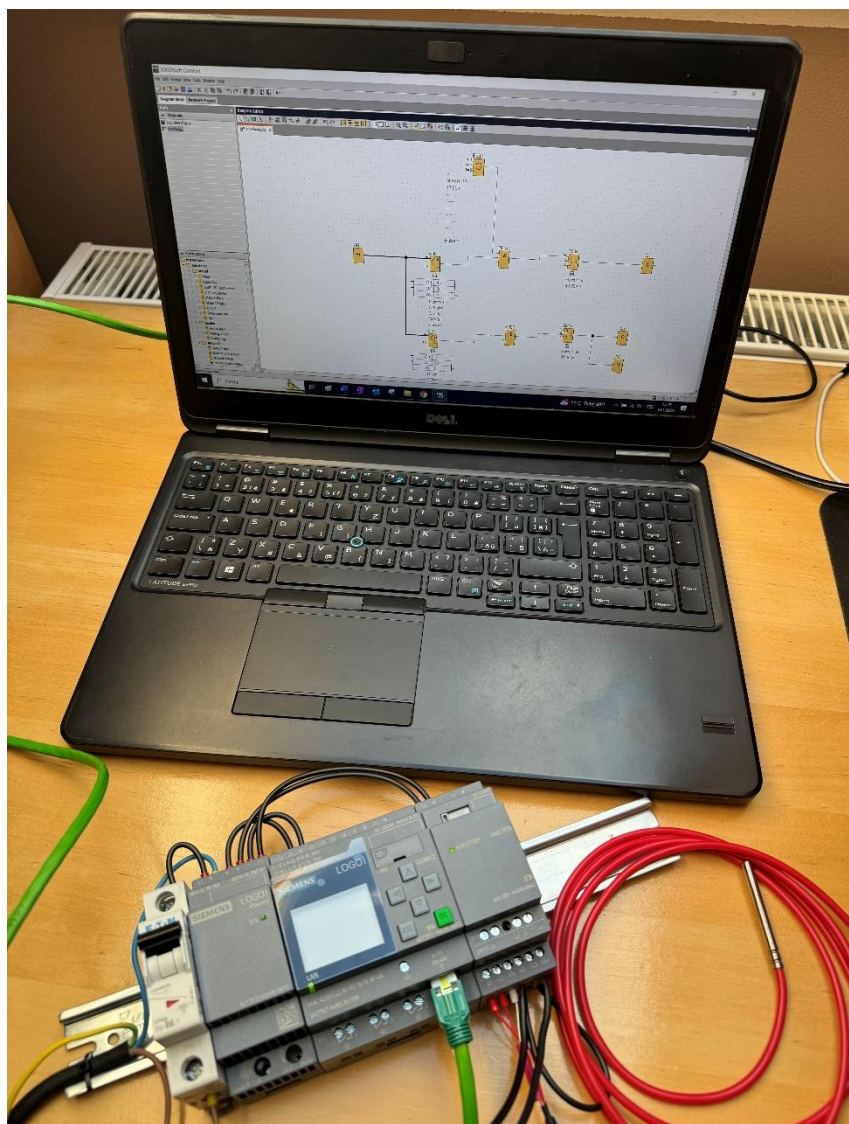
$t < 45^{\circ}\text{C}$  Ohřev z přebytků FVE nevytvořil dostatečnou zásobu TUV a je nutné dodat více než 2kWh energie pro její ohřev. Proto algoritmus aktivoval výstup Q2 a Q3, které jsou zapojeny do obvodů kotle jako „odblokování startu“. Jak je patrné z níže uvedeného obrázku 15 aktivován kontakt Q2 a Q3 – „svítí kontrolka žlutá žárovka u Q2 a Q3.“





### 9.1.2. Test programu PLC pomocí simulátoru analogových veličin METRAHIT Process

Před montáží PLC do obvodů technologie jsem provedl test programu PLC za použití simulátoru analogových veličin METRAHIT Process/Calibrator, při kterém jsem sledoval reálné chování výstupních kontaktů PLC, jestli odpovídá popisu algoritmu uvedeného v bodě 4, tedy opět ve všech 3 provozních stavech.



Obr.14 Simulace pomocí PC [zdroj: vlastní]



Obr. 15 METRAHIT Process [zdroj: vlastní]



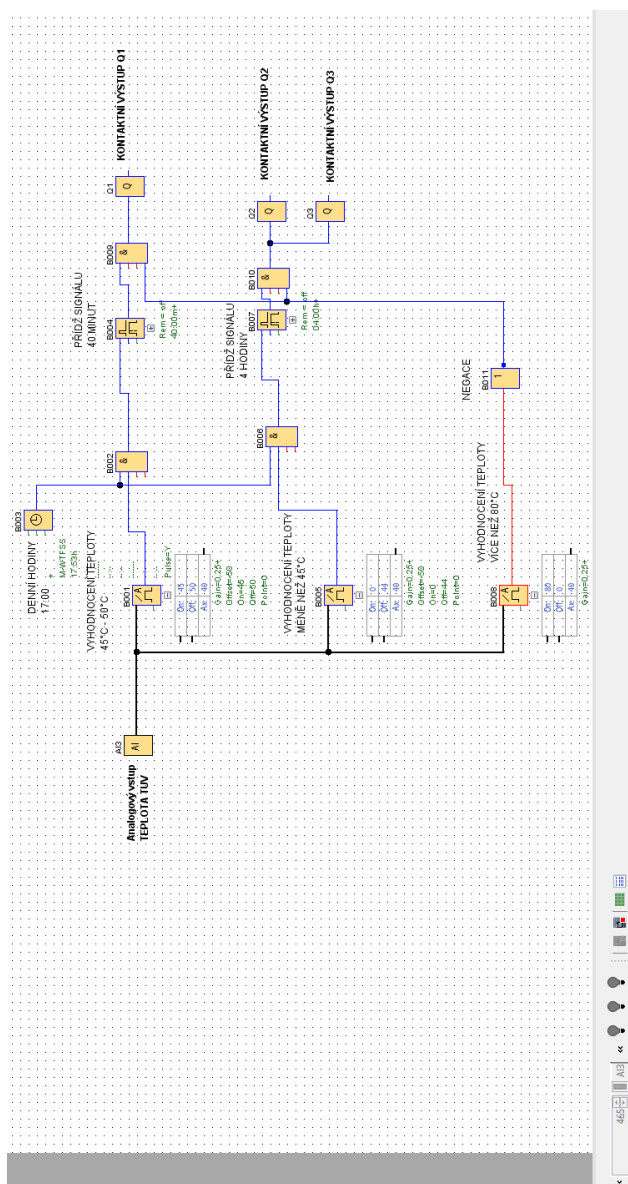
Obr. 16 Termočlánek PT100 [zdroj: vlastní]

Výstup a ověření správnosti reakce řídicí jednotky je patrný opět ze schémat SW simulace provozních stavů.

### Provozní stav 1) bez aktivace doplňkových zdrojů

Ohřev z přebytků FVE byl dostatečný a vytvořil dostatečnou zásobu TUV, není třeba aktivovat zdroj tepelné energie.

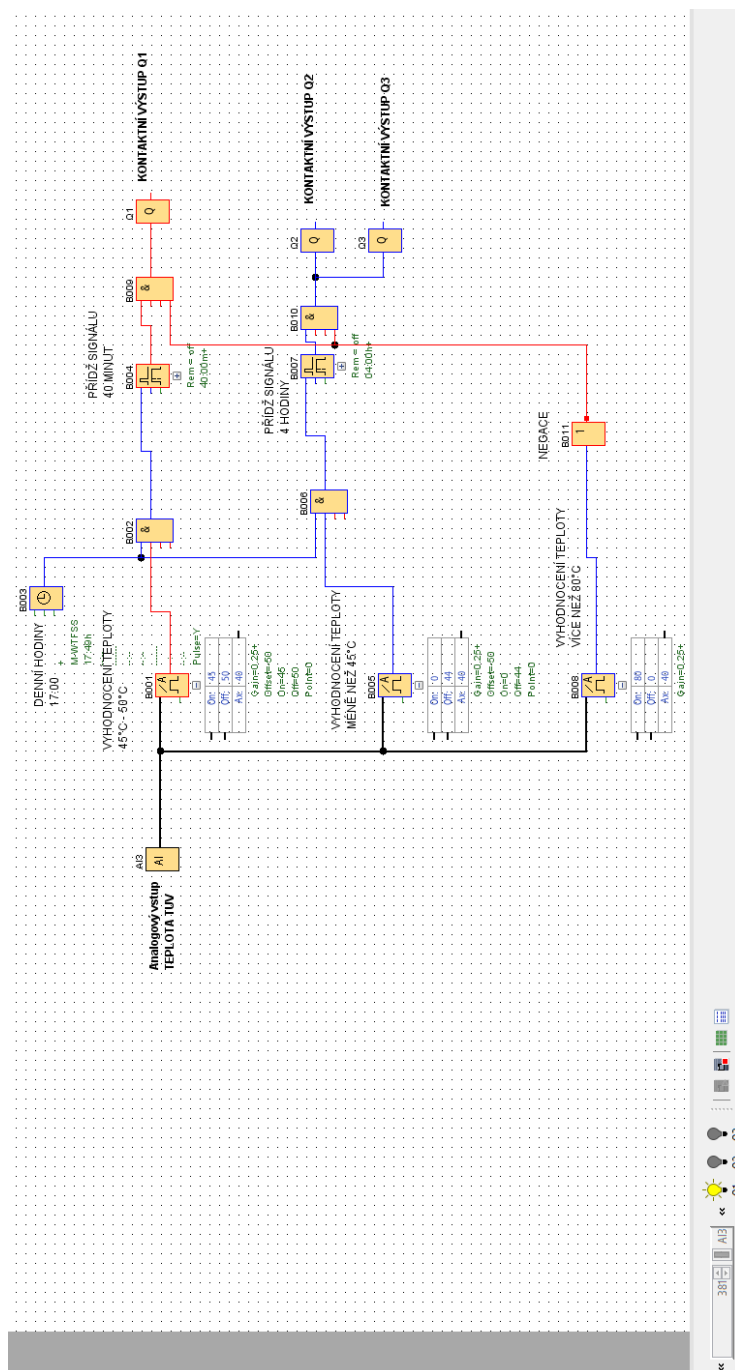
Jak je patrné z níže uvedeného obrázku 19 nedošlo k aktivaci výstupních kontaktů doplňkových zdrojů Q1 el. spirály ani Q2 a Q3 kotle – „žárovky nesvítí.“



Obr. 19 Simulace pomocí PLC a PT100 provozního stavu 1 [zdroj: vlastní]

## Provozní stav 2) aktivace el. spirály

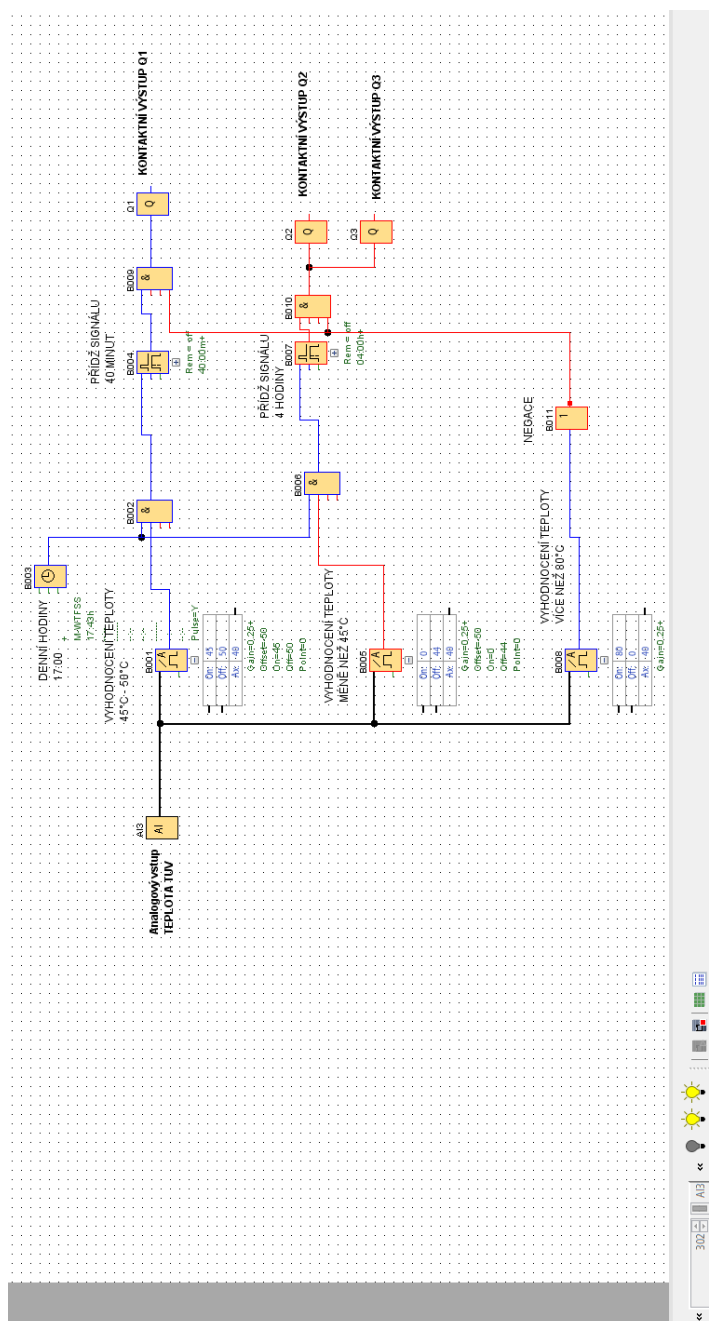
Ohřev z přebytků FVE nevytvořil dostatečnou zásobu TUV. Proto algoritmus aktivoval výstup Q1, který ovládá pomocný stykač zapínající el. ohřev bojleru, jak je patrné z níže uvedeného obrázku 20 aktivován kontakt Q1 – „svítí kontrolka žlutá žárovka Q1.“



Obr. 20 Simulace pomocí PLC a PT100 provozního stavu 2 [zdroj: vlastní]

### Provozní stav 3) aktivace kotle

Ohřev z přebytků FVE nevytvořil dostatečnou zásobu TUV a je nutné dodat více než 2kWh energie pro její ohřev. Proto algoritmus aktivoval výstup Q2 a Q3, které jsou zapojeny do obvodů kotle jako „odblokování startu“. Jak je patrné z níže uvedeného obrázku 21 aktivován kontakt Q2 a Q3 – „svítí kontrolka žlutá žárovka u Q2 a Q3.“



Obr. 21 Simulace pomocí PLC a PT100 provozního stavu 3 [zdroj: vlastní]



## 9.2 Reálný test s instalací řídicí jednotky v obvodu topného systému RD

PLC jsem zapojil do systému vytápění v kotelně RD (viz popis v kapitole 5).

Ověřil jsem správnost a dosažení zadaných hodnot ve všech provozních stavech.

K ohřevu 300 l zásobníku teplé užitkové vody (TUV) došlo v nastaveném časovém úseku.

Úspora spotřeby dalších druhů paliva, tedy peletek, či dřeva, případně elektřiny ze sítě bude vyhodnocena během sledovaného období 1 roku.



Obr. 22 Kotel ATMOS DC 18 S [zdroj: vlastní]

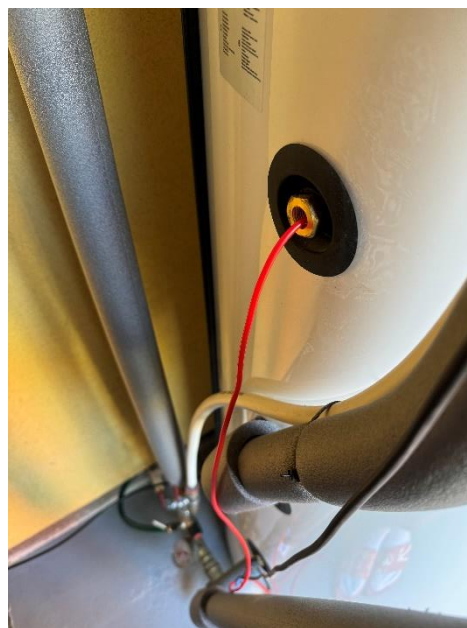


Obr. 23 300l zásobník TUV [zdroj: vlastní]

Vlevo je umístěna akumulární 1000 l nádrž, uprostřed je zásobník 300 l TUV a vpravo je Battery box FVE.



Obr. 24 Jímka pro umístění PT 100 [zdroj: vlastní]



Obr. 25 PT100 umístěn v jímce nádrže TUV [zdroj: vlastní]

## 10 Závěr

V maturitní práci jsem se zabýval otázkou využití vyrobené elektřiny z fotovoltaické elektrárny instalované na rodinném domě, resp. možností jejího efektivnějšího využití.

Cílem mojí maturitní práce bylo pomocí řídicí jednotky PLC vřazené do ovládacího obvodu kotle a ohřevu TUV v RD zlepšit účinnost a efektivně využít přebytků vyrobené energie z instalované FVE k ohřevu 300 l bojleru s TUV.

Tohoto cíle bylo dosaženo. Podařilo se mi naprogramovat řízení dohřevu TUV z jiných zdrojů v případě nedostatečných přebytků FVE, tak aby nebyl narušen komfort tj. dostatek a teplota TUV.

Ověření správnosti programu řízení jsem provedl jak simulací na PC, tak reálně v zapojení v RD, kdy se skutečně vyrobená elektřina z FVE využívá k ohřevu TUV.

Pomocí automatického řízení s použitím PLC (SIEMENS LOGO) jsem omezil počet startů a tím zkrátil provozní dobu kotle při dodržení požadavku na dostatečné množství TUV ve večerních hodinách letní sezóny. Díky algoritmu, který určuje, jaký zdroj bude dohřívat TUV na komfortní úroveň lze tedy dosáhnout daného cíle „ekonomického provozu v letní sezóně“, tj. dosáhnout studené akumulární nádrže a horkého bojleru TUV, avšak s pojistkou, že při nedostatečném ohřátí bojleru TUV lze zajistit (povolit) automatický start kotle, aby v případě „neslunných dnů“ tedy v případě min. či žádných přebytků energie nezůstal RD bez teplé vody.

Z doposud testovaného období několika měsíců již nyní můžeme směle předpokládat, že během každého slunného dne budou přebytky vyrobené elektřiny plně využity a dostatečné k ohřevu 300 l nádrže TUV. Lze tedy předpokládat, že během letního období bude kotel na tuhá paliva zcela odstaven.

Toto zefektivnění má rovněž nemalý ekonomický dopad. Jelikož řízením vyrobené energie a jejím zužitkováním v topném systému dochází k omezení spotřeby dalších druhů paliva, tedy zejména peletek, případně dřeva či elektřiny ze sítě, které v RD jsou využívány.



Vyhodnocení o jak velkou úsporu se bude jednat mohu provést, až po sběru dat v určitém delším časovém období, např. 1 roku. Nyní mohu jen hypoteticky odhadnout snížení roční spotřeby o 1/3 současné spotřeby peletek.

### **Další návrhy na vylepšení regulace:**

Pro ještě větší efektivitu regulace lze zvážit úpravu nastavení teploty „horní vody“ v akumulární nádrži na nižší teplotu než současných 75 °C pro letní měsíce, kdy bude v provozu blokování automatického startu logickým automatem LOGO. Tím se zkrátí doba hoření kotle po odblokování nebo v případě ohřevu el. spirálou nemusí být ohřev aktivní po celou dobu přídrže, tj. 40 min. V tomto případě by bylo možné spirálu vypnout při dosažení teploty již 50 °C, kterou lze považovat za minimální teplotu TUV.

## 11 Přílohy

### Příloha A – Datový štítek fotovoltaického panelu Phono Solar

**Phono<sup>®</sup> Solar**

Module Type PS455M4H — 24/TH

Rated Power at STC	(Wp)	455	W
Rated Power Voltage	(Vm)	41.60	V
Rated Power Current	(Im)	10.94	A
Open Circuit Voltage	(Voc)	49.37	V
Short Circuit Current	(Isc)	11.47	A
Maximum Fuse Rating		20A	
PV module classification		class II	

All Technical Data at STC:  
AM1.5 E=1000W/m<sup>2</sup> Tc=25°C  
Tested to IEC61215:2016 and IEC61730:2016

Power production tolerance	±3%
Open circuit voltage tolerance	±3%
Short circuit current tolerance	±4%
Maximum System Voltage	1500V DC
Dimension	2101x1039mm

MCS  
CERTIFIED

TUV  
SUD

1 Xinghuo Road Nanjing Hi-tech Zone 210061  
Nanjing P.R. China  
Phono Solar Technology Co., Ltd.  
www.phonosolar.com

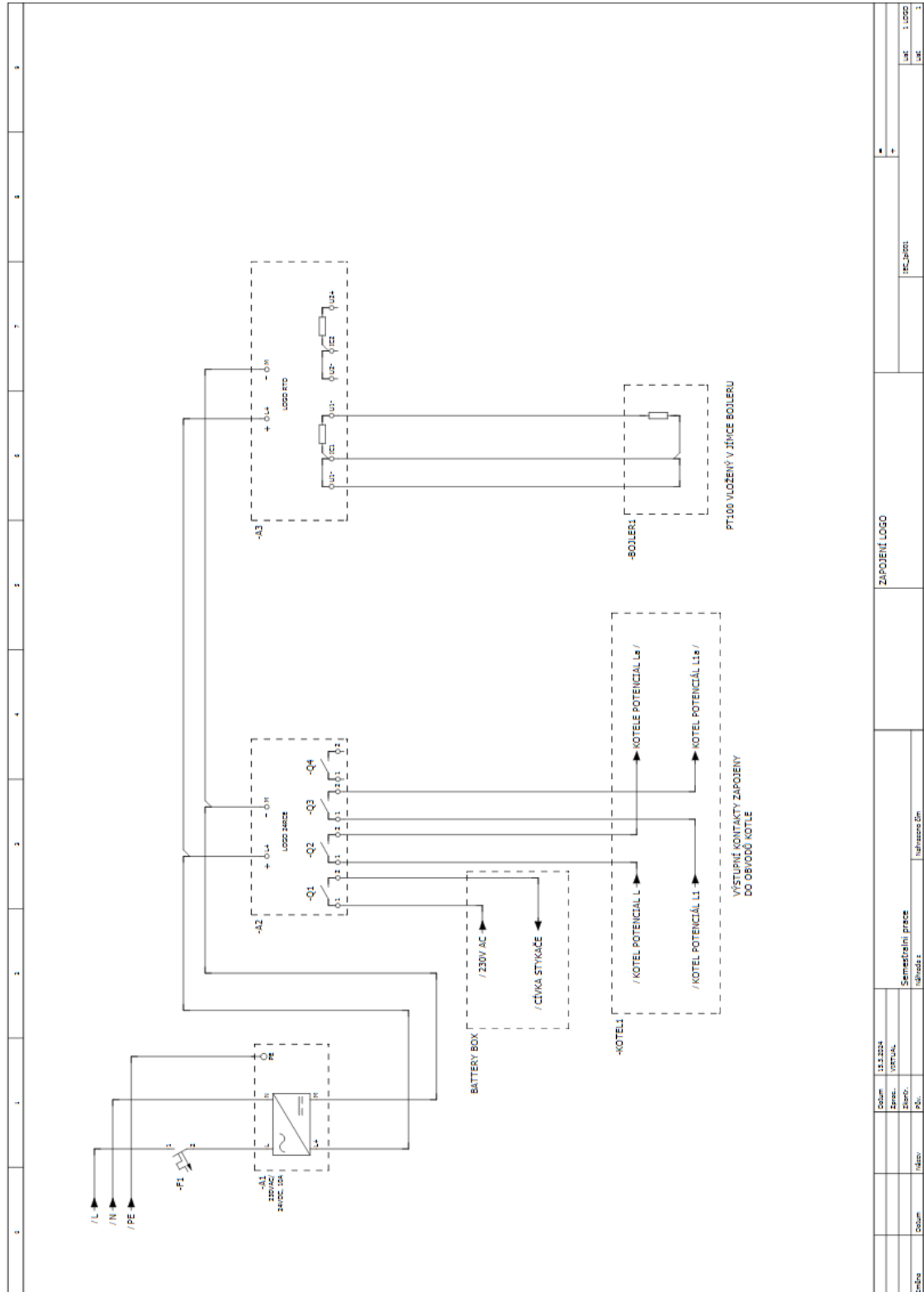
⚡

CE

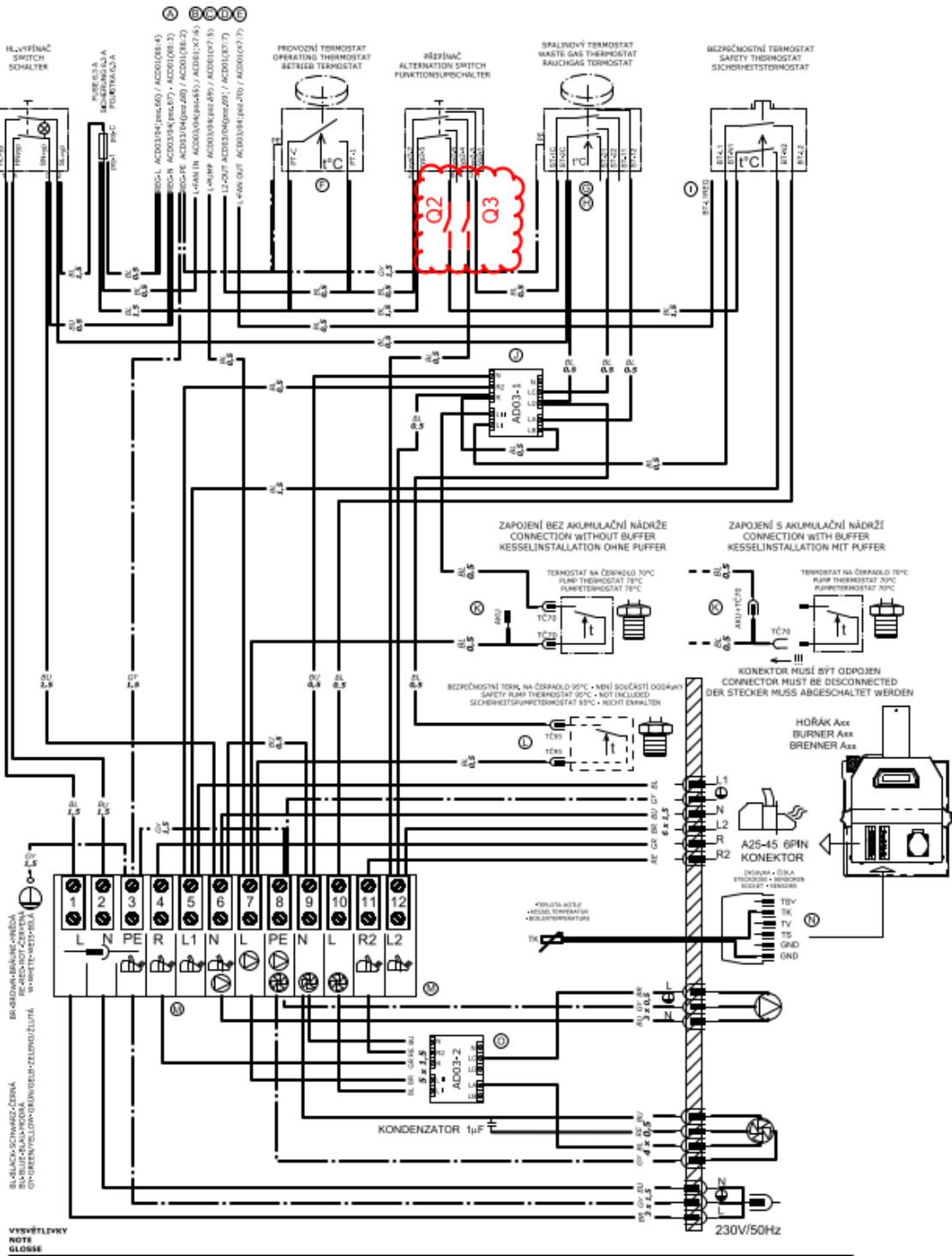
☐

Barcode: PSTHM64904540322  
Made in China

## Příloha B - El. zapojení logického automatu LOGO (EPLAN)



## Příloha C - El. zapojení do obvodů zdrojů tep. energie



## 12 Použité zdroje

- PLC SIEMENS LOGO. [online]. 2024. Dostupné z:  
<https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:5fbd4efa1102651ad276006e40482b24514620df/width:640/quality:high/5fbd4efa1102651ad276006e40482b24514620df.webp>
- ČEZ Battery box [online]. 2024. Dostupné z:  
[https://www.cez.cz/webpublic/file/edee/cez/fveredesign/batery\\_box\\_home.jpg](https://www.cez.cz/webpublic/file/edee/cez/fveredesign/batery_box_home.jpg)
- ATMOS: <https://www.atmos.eu/ke-stazeni/>
- EPLAN - sw pro projektování dle IEC norem – 2024.
- TICHÝ, Jaromír a Jan EMMER. *Zpracování bakalářské a diplomové práce*. [online]. Praha: VŠFS, 2014. 101 s. ISBN 978-80-7408-098-2.
- Elektřina cz [online]. 2024. Dostupné z: [Watt peak \(Wp\) – Slovník pojmů | Elektřina.cz \(elektřina.cz\)](https://www.elektřina.cz/slovník/watt-peak-wp) <https://www.elektřina.cz/slovník/watt-peak-wp>
- ČSN ISO 690 (01 0197). *Informace a dokumentace – Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů*. Praha: ČNI, 2011.