



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

## ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A ELEKTRONIKY

DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING

## NOVÉ POŽADAVKY FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU RODINNÉHO DOMU

NEW REQUIREMENTS OF PHOTOVOLTAIC SYSTEM FOR FAMILY HOUSES

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Marek Mička

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Lukáš Dostál, Ph.D.

BRNO 2023

# Bakalářská práce

bakalářský studijní program **Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika**

Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky

**Student:** Marek Mička

**ID:** 220773

**Ročník:** 3

**Akademický rok:** 2022/23

**NÁZEV TÉMATU:**

## **Nové požadavky fotovoltaického systému rodinného domu**

**POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:**

1. Zpracujte normativní požadavky na domovní instalaci fotovoltaického systému.
3. Vypracujte požadavky na ochranu fotovoltaického systému před bleskem.
4. Vypracujte požadavky distribučních společností na připojení domácích FV systémů.
5. Vytvořte projekt FVE včetně realizace

**DOPORUČENÁ LITERATURA:**

Dle doporučení vedoucího.

**Termín zadání:** 6.2.2023

**Termín odevzdání:** 29.5.2023

**Vedoucí práce:** Ing. Lukáš Dostál, Ph.D.

**prof. 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**

Bakalářská práce se zabývá požadavky fotovoltaického systému u rodinného domu. Jejím cílem je shrnout veškeré důležité informace při výběru fotovoltaického systému. V první části bakalářské práce je shrnuta veškerá používaná topologie fotovoltaických systémů u rodinných domů. Druhá část je věnována podmínkám pro bezpečný provoz, které zahrnují normativní požadavky, návrh ochrany před bleskem a připojení do distribuční soustavy. A poslední třetí část se zabývá procesem umožnění paralelního připojení fotovoltaické elektrárny k distribuční síti, vypracování projektu a realizací výrobní domu.

## **Klíčová slova**

Fotovoltaický panel, střídač, bateriové uložení, rozváděč, bleskosvod, podmínky distributora

## **Abstract**

The bachelor's thesis deals with the requirements for a photovoltaic system in a family house. Its aim is to summarize all important information when selecting a photovoltaic system. The first part of the semester project summarizes all used topologies of photovoltaic systems in family houses. The second part is devoted to the conditions for safe operation, which include normative requirements, design of lightning protection and connection to the distribution system. And the last third part deals with the process of enabling the parallel connection of the PV power plant to the distribution grid, development of project documentation and installation of PV technology.

## **Keywords**

Photovoltaic panel, inverter, battery storage, switchboard, lightning rod, distributor terms

## **Bibliografická citace**

MIČKA, Marek. Nové požadavky fotovoltaického systému rodinného domu [online]. Brno, 2023 [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/152414>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky. Vedoucí práce Lukáš Dostál.

# Prohlášení autora o původnosti díla

**Jméno a příjmení studenta:** *Marek Mička*

**VUT ID studenta:** *220773*

**Typ práce:** *Bakalářská práce*

**Akademický rok:** *2022/23*

**Téma závěrečné práce:** *Nové požadavky fotovoltaického systému  
rodinného domu*

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: 22. května 2023

-----  
podpis autora

## **Poděkování**

Děkuji Ing. Michalu Kadleci, Ph.D. a mému otci Marku Mičkovi za odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne: 22. května 2023

-----  
podpis autora

# Obsah

<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>9</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>10</b>
<b>ÚVOD .....</b>	<b>11</b>
<b>1. POUŽÍVANÁ TOPOLOGIE FOTOVOLTAICKÝCH SYSTÉMŮ .....</b>	<b>12</b>
1.1 VARIANTY FVE .....	12
1.1.1 Síťový systém (on-grid).....	13
1.1.2 Ostrovní systém (off-grid).....	14
1.1.3 Hybridní systém .....	15
1.2 FOTOVOLTAICKÉ PANELE.....	16
1.2.1 Monokrystalické panely .....	16
1.2.2 Polykrystalické panely .....	17
1.2.3 Amorfni panely.....	18
1.2.4 Výhody a nevýhody fotovoltaických panelů .....	18
1.2.5 Varianty uložení panelů .....	19
1.3 STŘÍDAČE.....	19
1.3.1 Síťové střídače.....	19
1.3.2 Ostrovní střídače.....	19
1.3.3 Hybridní střídače .....	20
1.3.4 Jednofázové střídače.....	21
1.3.5 Trojfázový střídač – symetrický .....	22
1.3.6 Trojfázový střídač – asymetrický .....	22
1.3.7 Shrnutí střídačů.....	22
1.4 OPTIMIZÉRY .....	23
1.5 AKUMULAČNÍ SYSTÉM .....	25
1.5.1 Akumulace do vody.....	25
1.5.2 Akumulace do baterií .....	26
<b>2. NORMATIVNÍ POŽADAVKY NA DOMOVNÍ INSTALACI FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU.....</b>	<b>27</b>
2.1 ČSN 33 2000-7-712 ED.2 .....	27
2.1.1 Bezpečnost .....	27
2.1.2 Kabely.....	28
2.1.3 DC rozváděč.....	28
2.1.4 Požadavky na straně AC.....	29
2.1.5 Hromosvod a uzemňovací soustava .....	29
<b>3. POŽADAVKY NA OCHRANU FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU PŘED BLESKEM.....</b>	<b>30</b>
3.1 DĚLENÍ OCHRANY .....	30
3.2 NÁVRH OCHRANY LPS.....	31
3.3 OCHRANA PRO SNÍŽENÍ HNOTNÝCH ŠKOD A OHROŽENÍ ŽIVOTA .....	32
3.3.1 Jímací soustava.....	32
3.3.2 Umístění FV panelů .....	35
3.3.3 Soustava svodů.....	36
3.3.4 Zemnicí soustava.....	36

3.3.5	<i>Ekvipotencionální pospojování</i> .....	37
3.4	OCHRANA PRO SNÍŽENÍ PORUCH VNITŘNÍCH SYSTÉMŮ .....	37
3.4.1	<i>Přepět'ová ochrana typu 1</i> .....	37
3.4.2	<i>Přepět'ová ochrana typu 2</i> .....	37
<b>4.</b>	<b>POŽADAVKY DISTRIBUČNÍCH SPOLEČNOSTÍ NA PŘIPOJENÍ DOMÁCÍCH FV SYSTÉMŮ</b> .....	<b>38</b>
4.1	DISTRIBUTOR NEBO DODAVATEL .....	38
4.2	PŘIPOJOVACÍ PODMÍNKY EG.D .....	39
4.2.1	<i>Elektroměrový rozváděč</i> .....	39
4.3	ČEZ DISTRIBUTION .....	41
4.3.1	<i>Přijímač HDO a ovládací relé</i> .....	41
4.3.2	<i>PREdistribution</i> .....	43
4.4	VÝKUP ELEKTRICKÉ ENERGIE .....	44
<b>5.</b>	<b>VYPRACOVÁNÍ PROJEKTU A REALIZACE</b> .....	<b>45</b>
5.1	POVOLENÍ VÝROBY .....	45
5.2	PŘÍPRAVA DOKUMENTACE A ODBĚRNÉHO MÍSTA .....	46
5.2.1	<i>Výkres elektroinstalace</i> .....	46
5.2.2	<i>Rozvaděče v objektu</i> .....	46
5.2.3	<i>Výkres rozvaděče RH_FVE</i> .....	47
5.2.4	<i>Jednopolové schéma</i> .....	47
5.3	OCHRANA PŘED BLESKEM .....	49
5.4	REALIZACE FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU .....	52
5.4.1	<i>Rozměření umístění technologie</i> .....	52
5.4.2	<i>Technická místnost</i> .....	53
5.4.3	<i>Zemnicí tyče</i> .....	54
5.4.4	<i>Doplnění domovního rozvaděče RD</i> .....	55
5.4.5	<i>Střecha</i> .....	56
5.5	TECHNICKÁ ZPRÁVA .....	57
5.6	ÚVEDENÍ VÝROBY DO PROVOZU .....	62
<b>6.</b>	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>63</b>
	<b>LITERATURA</b> .....	<b>64</b>
	<b>SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>67</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH</b> .....	<b>69</b>

# SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: ON-GRID systém [2].	13
Obrázek 2: OFF-GRID systém [2].	14
Obrázek 3: Hybridní systém [2].	15
Obrázek 4: Monokrystalický panel [6].	16
Obrázek 5: Polykrystalický panel [7].	17
Obrázek 6: Amorfni (tenkovrstvý) panel [8].	18
Obrázek 7: Chování hybridního střídače 1.	20
Obrázek 8: Chování hybridní střídače 2.	20
Obrázek 9: Jednofázový střídač (mikro inventar SMP600).	21
Obrázek 10: Příklad pro použití jednofázového střídače.	21
Obrázek 11: Graf napětí a proudu FVE dne 25.7.2022.	23
Obrázek 12: Graf napětí a proudu FVE dne 26.07.2022.	23
Obrázek 13: FVE před a po instalaci optimalizérů výkonu.	24
Obrázek 14: Hybridní ohřívava vody [15].	25
Obrázek 15: Master/Slave battery SolaX.	26
Obrázek 16: Označení upozornění na výskyt FVE [16].	27
Obrázek 17: Graf pro určení velikosti ochranného úhlu [23].	33
Obrázek 18: Metoda ochranného úhlu.	33
Obrázek 19: Metoda valící se koule část 1.	34
Obrázek 20: Metoda valící se koule část 2.	34
Obrázek 21: Metoda mřížové soustavy.	35
Obrázek 22: Zapojení elektroměrového rozváděče pro budovy s FVE do 100 kW (EG.D.) [25].	40
Obrázek 23: Zapojení elektroměrového rozváděče pro budovy s FVE do 100 kW (ČEZ) [26].	42
Obrázek 24: Zapojení elektroměru s ovládním výroby (PRE) [28].	43
Obrázek 25: Výpočet ochranného úhlu.	49
Obrázek 26: Nákres domu s ochranou proti blesku.	50
Obrázek 27: Výpočet dostatečné vzdálenosti S.	51
Obrázek 28: Změření výšky hromosvodu pro PD.	52
Obrázek 29: Rozměření umístění technologie.	52
Obrázek 30: Technická místnost před instalací technologie.	53
Obrázek 31: Technická místnost při instalaci technologie.	53
Obrázek 32: Technická místnost s instalovanou technologií.	53
Obrázek 33: Rozvaděč RH_FVE.	53
Obrázek 34: Vyvedení drátu FeZn k zemnicím tyčím.	54
Obrázek 35: Napojení zemnicího drátu k zemnicím tyčím.	54
Obrázek 36: Domovní rozvaděč RD před doplněním technologie.	55
Obrázek 37: Domovní rozvaděč RD s doplněnou technologií.	55
Obrázek 38: Zakrytý domovní rozvaděč RD.	55
Obrázek 39: Domovní rozvaděč RD.	55
Obrázek 40: Střecha před instalací fotovoltaických panelů.	56
Obrázek 41: Střecha s fotovoltaickými panely.	56

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Odběry na fázích.....	21
Tabulka 2: Zjednodušená tabulka pro určení třídy LPS [19].....	31
Tabulka 3: Poloměr pro metodu valící se koule [24].....	34
Tabulka 4: Velikost oka ve mřížové soustavě [24].....	35
Tabulka 5: Vzdálenost mezi svody [24] .....	36

# ÚVOD

Elektrina je v dnešní době pro moderního jedince nezbytnou komoditou. Používá se téměř neustále po celý den, například neustálé nabíjení mobilního telefonu, vaření nebo vytápění domácnosti. Život bez elektřiny si dnes umí představit málokdo. Fotovoltaické elektrárny na rodinných domech bývají stále častějším řešením pro vlastní produkci elektřiny. Jsou to malé elektrárny, které využívají energii slunečního záření k výrobě elektřiny pro domácnost. Tento způsob výroby elektřiny má řadu výhod, jako je snížení nákladů na energie, nižší emise skleníkových plynů nebo nezávislost na dodavatelích elektřiny.

Tato bakalářská práce se dělí na tři části. První část se zabývá problematikou správného výběru fotovoltaického systému a jeho prvků. Jako jsou různé druhy fotovoltaických panelů, střídačů nebo akumulčních způsobů.

Druhá část je naopak věnována požadavkům správné instalace, zde jsou vysvětleny normativní požadavky, návrh hromosvodu a připojovací podmínky mikrodrojů do distribuční sítě u různých distributorů.

A ve třetí je popsán proces pro povolení a uvedení výroby do provozu s vypracováním projektové dokumentace a následná instalace technologie.

# 1. POUŽÍVANÁ TOPOLOGIE FOTOVOLTAICKÝCH SYSTÉMŮ

Základním principem fotovoltaického článku je fotoelektrický jev, který poprvé pozoroval Henri Becquerel na jeho experimentu s elektrodami ponořenými v elektrolytu roku 1839. První pevný článek zkonstruovali fyzici Adams a Daym, kteří na jeho výrobu použili selen, ale nejzásadnější vliv na objasnění tohoto jevu přispěl Albert Einstein, který byl oceněn za tenhle objev Nobelovou cenou v roce 1921. Pro technologii moderních křemíkových panelů byla převratná metoda výroby čistého monokrystalického křemíku.

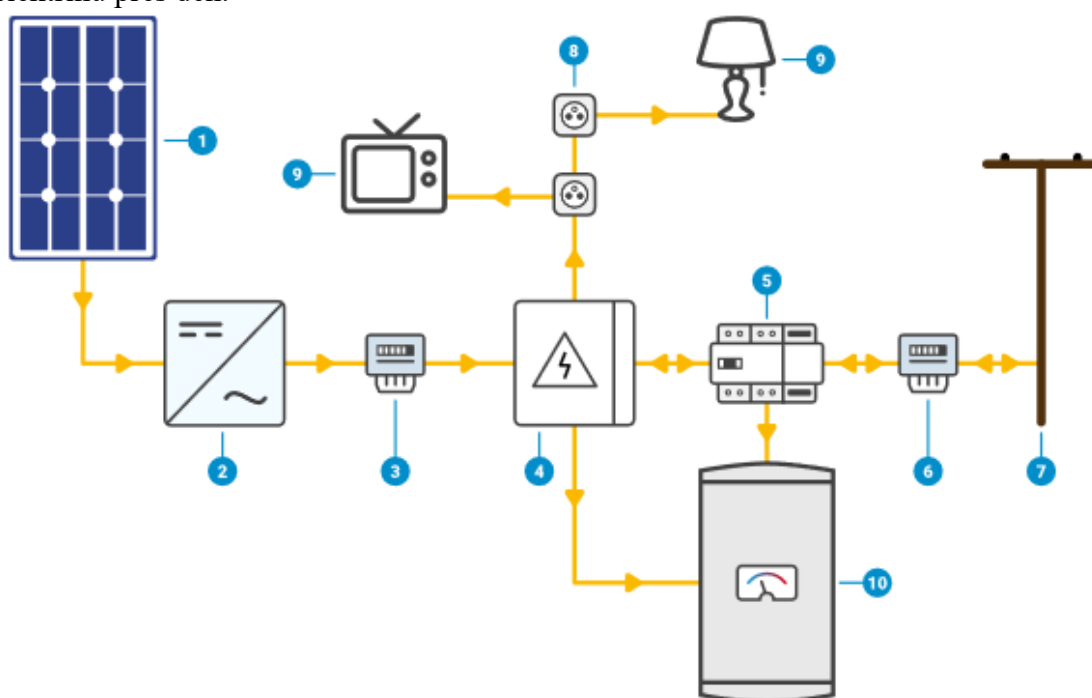
Fotoelektrický jev je jev, při kterém jsou elektrony uvolňovány z látky v důsledku absorpce elektromagnetického záření látkou. Absorpce neboli pohlcení je způsobeno interakcí fotonů s jádrem a elektrony. Aby fotovoltaický článek fungoval je nutno, aby foton ze slunečního záření uvolnil v látce elektron a vznikl pár elektron – díra. V kovech dochází k jeho okamžité rekombinaci, proto se využívá polovodičů, kde jsou elektrony a díry separovány elektrickým polem PN přechodu. [1]

## 1.1 Varianty FVE

Faktorů pro výběr fotovoltaického systému je vícero, hlavní faktory jsou: využití budovy, orientace střechy, smlouva s distributorem nebo i velikost možného prostoru technické místnosti pro technologii.

### 1.1.1 Síťový systém (on-grid)

Je to systém připojený na distribuční síť bez možnosti akumulace přebytečné energie. Využívá se jak pro vlastní spotřebu, tak odprodej nevyužité energie domácností. Tohle zapojení je v praxi nejčastější, největší výhodou tohoto systému je, že se veškerá vyrobená elektrická energie okamžitě využije a nejsou zde nutné investice do bateriového systému. Primární účel tohoto zapojení je napájení zapnutých spotřebičů v daném okamžiku, a proto není potřeba brát veškerou elektřinu z rozvodné sítě, ale primárně je využita energie vyrobená z fotovoltaických panelů. Pro minimalizování potřeby odběru elektrické energie ze sítě je možné doplnit o akumulaci energie do vody použitím bojleru. Tento typ je výhradně určený na spolupráci s distribuční sítí, aby se snížili náklady za elektřinu přes den.

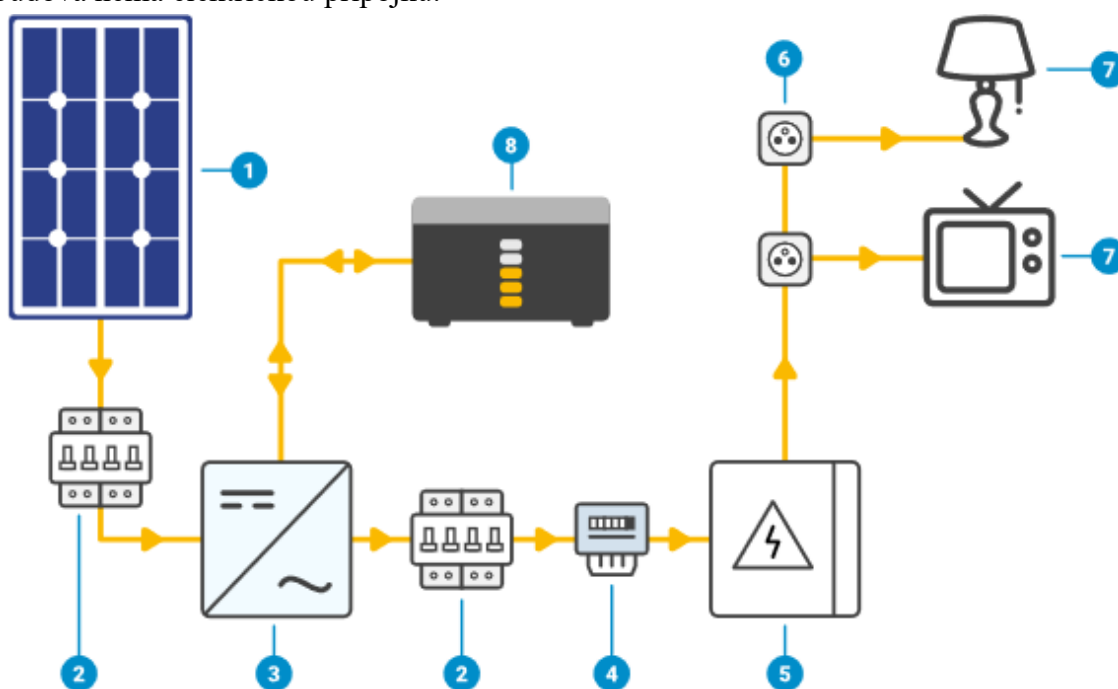


Obrázek 1: ON-GRID systém [2].

- 1 – Panely, 2 – Měníč, 3 – Měření výroby FVE, 4 – Domovní rozváděč,  
5 - WATT router, 6 – Domovní elektroměr, 7 – Distribuční síť, 8 – Zásuvky,  
9 – Spotřebiče, 10 – Bojler

### 1.1.2 Ostrovní systém (off-grid)

Tenhle druh fotovoltaického systému není napojený na distribuční síť, a proto ukládá veškerou vyrobenou elektřinu do akumulačního systému. Ostrovní zapojení není velice běžné u rodinných domů, ale spíše se hodí na chalupy a chaty. Soběstačnost systému musí být podpořena větším množstvím fotovoltaických panelů a velikostí bateriového úložiště, proto se spíše hodí k energicky nenáročným budovám. Dále spotřeba i množství vyrobené elektřiny se během roku může výrazně lišit. Je možné, že v zimních měsících kvůli nižší intenzitě slunečního záření se stane, že výkon elektrárny nepostačí na pokrytí potřeb domu. Ostrovní systém není nijak připojen k distribuční síti, a proto bývá často podpořen záložní elektrocentrálou. Takové zapojení má smysl pouze v případě, kdy budova nemá elektrickou přípojku.



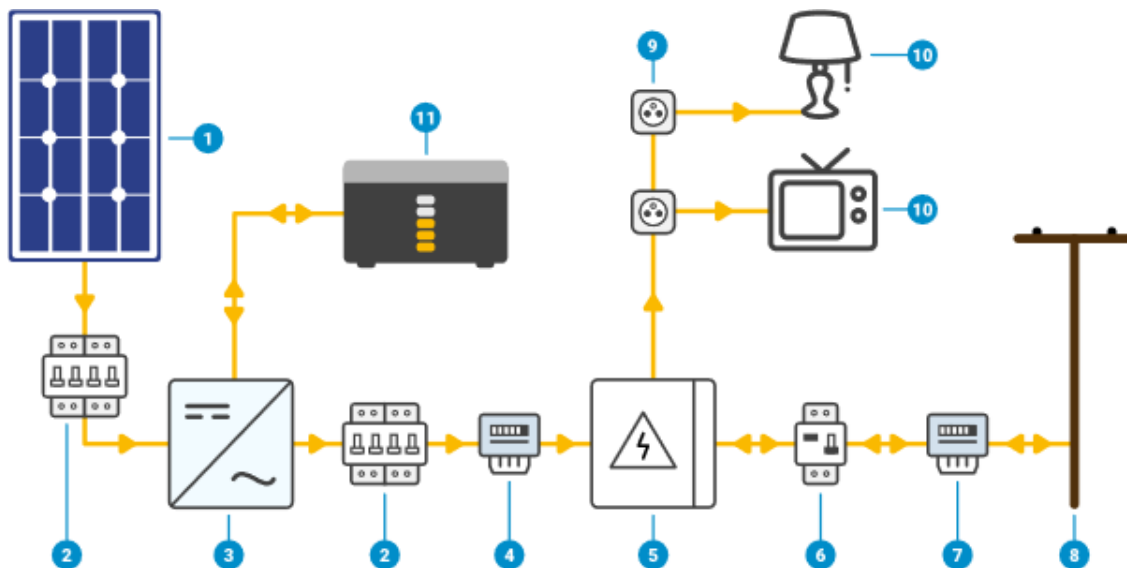
Obrázek 2: OFF-GRID systém [2].

- 1 – Panely, 2 – Přepěťová ochrana + jistič, 3 – Měnič, 4 – Měření výroby FVE  
5 – Domovní rozváděč, 6 – Zásuvky, 7 – Spotřebiče, 8 – Bateriové úložiště

### 1.1.3 Hybridní systém

Jako hybridní fotovoltaická elektrárna je označována taková, která funguje v ostrovním režimu, ale v případě potřeby je budova stále připojena k distribuční síti a může z ní elektřinu kdykoliv odebírat. Veškerá vyrobená elektřina vyrobená z fotovoltaických článků je spotřebována pro napájení domácnosti a přebytek akumulován v bateriích a při vyčerpání celé veškeré kapacity akumulátoru je potřebná energie dodávána distribuční sítí. Velkou výhodou hybridního systému je to, že provozovatel nemusí mít různá povolení od energetického regulačního úřadu.

Provoz v praxi je takový, že když svítí slunce tak fotovoltaické panely vyrábí elektřinu, která je spotřebovávána okamžitě a nespotebovaná se využívá na nabíjení akumulátorů, ze kterých se čerpá v době, kdy slunce nesvítí. Nevyužitou energii, kterou nepojme bateriové úložiště je možné odprodat dodavateli energie jako takzvané přetoky. Správně navržená hybridní fotovoltaická elektrárna je schopná pokrýt 90–100 % potřeb rodinného domu. [3]



Obrázek 3: Hybridní systém [2]

- 1 – Panely, 2 – Přepěťová ochrana + jistič, 3 – Měnič, 4 – Měření výroby FVE
- 5 – Domovní rozváděč, 6 Hlavní domovní jistič, 7 – Domovní elektroměr
- 8 – Distribuční síť, 9 – Zásuvky, 10 - Spotřebiče, 11 – Bateriové úložiště

## 1.2 Fotovoltaické panely

Fotovoltaické panely se skládají z mezi sebou sériově zapojených fotovoltaických článků. Tyto články jsou umístěny mezi ochranné vrstvy, kde jsou zepředu kryty sklem a zezadu plastovou fólií. Celý systém je následně umístěn do hliníkového rámu. Podle typu článků rozlišujeme tři typy panelů: monokrystalické, polykrystalické a amorfnní.

### 1.2.1 Monokrystalické panely

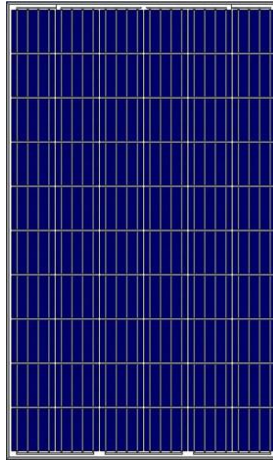
Monokrystalické panely se skládají z jednoho kusu monokrystalického křemíku, který je vyráběn pomocí tažení krystalu za tepla. Tahle technologie výroby panelů vykazuje nejvyšší účinnost, a to více než 22 %. Výhodou je jistě nižší teplotní koeficient, který zajišťuje menší ztráty v teplých měsících. Vzhledově jsou monokrystalické panely tmavší, většinou odstíny černé, rohy článků panelů nebývají ostré. Monokrystalické panely se používají hlavně na malých instalacích, kde se vyžaduje maximalizování výkonu. [4], [9]



Obrázek 4: Monokrystalický panel [6]

### 1.2.2 Polykrystalické panely

Polykrystalické solární panely se vyrábí tak, že roztavený křemík se slisuje do formy. To způsobí, že jednotlivé krystaly mají rozdílnou polohu. Poloha článků je tedy nerovnoměrná a solární elektrárna postavená z těchto panelů má rovnoměrnější výkon. Jejich výhodou je, že se vyplatí tam, kde není ideální orientace panelů. Polykrystalické panely nedosahují takové účinnosti jako monokrystalické, ale rozdíl je řádově o 1-2 % výkonu menší. Ve většině případů jsou polykrystalické solární panely modré a rohy článků mají ostré. [5], [9]



Obrázek 5: Polykrystalický panel [7]

### 1.2.3 Amorfnní panely

Amorfnní solární panel je také nazýván tenkovrstvým. Hlavní rozdíl mezi amorfnním a krystalickým solárním panelem je v jejich výrobě. Při výrobě těchto panelů se postupuje tak, že ve vakuové komoře při teplotě okolo 200 °C je napařením nanasena vrstva amorfnního křemíku na podkladový materiál. Podkladový materiál nemusí být ve všech případech pouze sklo, ale můžou to být také různé plasty nebo kov. U amorfnních solárních panelů účinnost dosahuje asi poloviny krystalických, to však nevypovídá nic o kvalitě této technologie. U amorfnních solárních panelů bude potřeba dvojnásobné plochy pro stejný výkon, za to mají amorfnní solární panely velkou výhodu v tom, že netrpí na přehřívání v letních obdobích. To znamená, že v letních měsících mohou dosahovat lepší procentuální výtěžnosti.

Stejně jako polykrystalické panely mají větší citlivost na rozptýlené sluneční záření, a proto jsou vhodnější na místa, která jsou orientovaná na východ či západ, ale dle zkušeností servisního technika firmy Solar Global Service a.s. amorfnní panely trpí na rychlejší degradaci výkonu, než je udáváno výrobcem a sami praskají a přestávají fungovat. To má za následek větší náklady na údržbu. [10]



Obrázek 6: Amorfnní (tenkovrstvý) panel [8]

### 1.2.4 Výhody a nevýhody fotovoltaických panelů

Pro rodinný dům se nejvíce používají monokrystalické panely, které mají největší účinnost na plochu, jelikož je snaha mít co největší výkon na co nejmenší ploše. Polykrystalické panely dohánějí účinnost monokrystalických v průběhu celého roku, kdy slunce tolik nesvítí, a celková účinnost za celý rok je jen o něco menší. Tenkovrstvé panely se na rodinných domech téměř nepoužívají. Dříve se kvůli nižší ceně na rodinné domy používaly polykrystalické panely. Nyní je cena obou variant díky pokroku velice podobná. Monokrystalické panely jsou dražší asi jen o 1-2 Kč na Watt. Nejlevněji vycházejí tenkovrstvé, ale degradují ze všech nejrychleji a je potřeba je často měnit.

### 1.2.5 Varianty uložení panelů

Podle sklonu střechy se volí druh konstrukce. U šikmých střech se volí jakýkoliv směr od východu přes jih až na západ. Z důvodu estetiky, náročnosti montáže a ceně konstrukce se téměř vždy volí umístění rovnoběžně se střechou, jelikož větší náklady na výstavbu by se přes zvýšenou roční výnosnost nevyplatila. Pro rovné střechy je volení orientace panelů složitější, je možné si zvolit orientaci buď čistě na jih nebo východ-západ. Své výhody mají obě možnosti natočení. Hlavní výhodou orientace panelů čistě na jih jsou její maximální energetické zisky, ale ne vždy je to rozhodující faktor. Orientace na východ-západ nevyužívá celý potenciál panelů, tudíž nejsou tak zatížené, a proto je možné použití menšího střídače na stejný počet panelů. Výhodou je zde i možnost instalovat větší nominální výkon na stejnou plochu, ale tou největší je vyhlazení křivky výroby elektřiny. To znamená více vyrobené solární elektřiny v ranních a večerních hodinách, kdy jsou ceny za energii nejvyšší a při nabíjení baterií není nutno používání velkého proudu a je možné nabíjet baterie postupně delší dobu a snížení degradace kapacity baterie. [8]

## 1.3 Střídače

Střídač, měnič nebo inventor je přístroj, který stejnosměrné napětí z panelů přeměňuje na střídavé. Střídače rozdělujeme podle druhů zapojení na síťové, ostrovní a hybridní a zároveň podle výstupu fází na jednofázové, trojfázové symetrické a trojfázové nesymetrické.

### 1.3.1 Síťové střídače

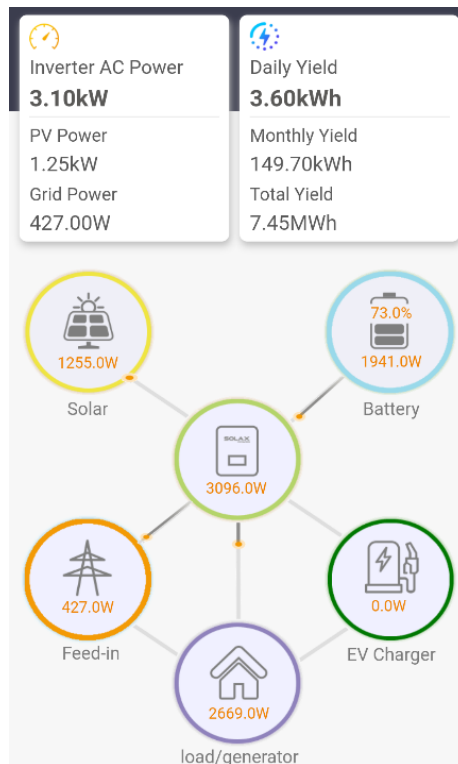
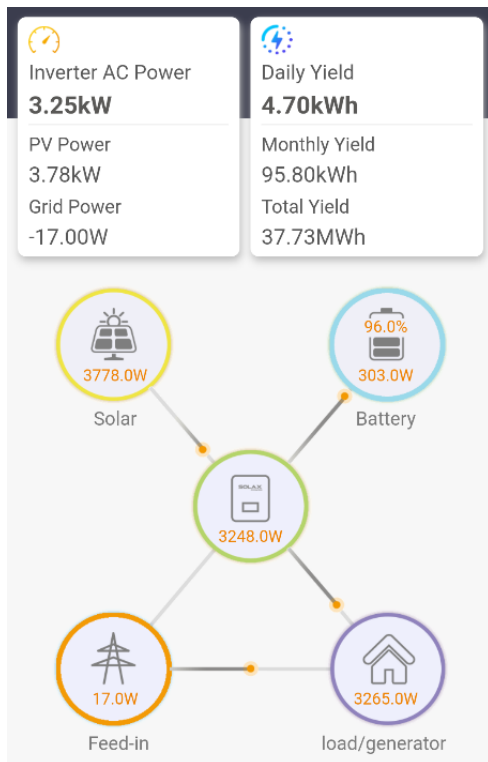
Síťový střídač nebo také on-grid střídač pracuje pouze pokud je připojen k elektrické síti. Pokud dojde k odpojení střídače od distribuční sítě okamžitě se vypne. Tohle odpojení od sítě je nastaveno již z výroby kvůli evropským normám. Síťové střídače se z pravidla dělají pouze symetrické a využívají se především u velkých instalacích.

### 1.3.2 Ostrovní střídače

Ostrovní střídač, též pojmenovaný jako off-grid střídač se používá v situacích, kdy objekt není připojen na distribuční síť. Takový střídač využívá pouze energii z fotovoltaických panelů na aktuální spotřebu nebo ukládá energii do baterií, a následně umí energii z baterií použít pro napájení elektroinstalace objektu. Běžně se ostrovní střídače používají v napěťových hladinách 12 V, 24 V, 48 V a pro případné použití u spotřebičů na 230 V je třeba doplnit o externí měnič napětí.

### 1.3.3 Hybridní střídače

U hybridních střídačů je jejich základní funkce nastavení možnosti chování celého systému při výběru dodávky elektrické energie. Nastavení chování střídače je na výběru jeho uživatele.



Obrázek 7: Chování hybridního střídače 1      Obrázek 8: Chování hybridní střídače 2

Na obrázku 7 hybridní střídač energii z fotovoltaických panelů primárně používá pro dobíjení baterií a ostatní energii pro elektroinstalaci domu a ze sítě je odebíráno 17 W. Na obrázku 8 je hybridní střídač, který odebírá energie z panelů a baterií a používá ji jak pro napájení elektroinstalace, tak i jako odprodej přetoku.

### 1.3.4 Jednofázové střídače

Jednofázové střídače se mohou připojit jak k jednofázovým, tak i k třífázovým rozvodům. U třífázových rozvodů se střídač připojí na jednu ze tří fází. V České republice je systém měření elektřiny úplně odlišný než v okolních zemích například v Německu.

Pro ukázkou, pokud bychom měli na fázi L1 přivedený výkon elektrárny 2000 W a odběry fází by byli:

Tabulka 1: Odběry na fázích

L1	100 W
L2	900 W
L3	1000 W

Tak by elektroměr, který používá součtové měření naměřil nulový odběr elektřiny, zatím co v České republice elektroměr s měřením po fázích by naměřil spotřebu 1900 W. Dále by ještě naměřil hodnotu přetoku do distribuční soustavy 1900 W v jedné fázi.

Jednofázové střídače se hodí tam, kde je připojení k síti pouze jedno fází například chatky, garáže, zahradní domky, skleníky nebo dokonce byty. [11], [12], [13]



Obrázek 9: Jednofázový střídač (mikro inventar SMP600)



Obrázek 10: Příklad pro použití jednofázového střídače

### **1.3.5 Trojfázový střídač – symetrický**

Trojfázové symetrické střídače posílají výkon elektrárny do každé fáze stejný. A to u elektroměrů, které měří každou fázi zvlášť, bude mít podobný vliv jako u jednofázového střídače. To znamená, že pokud budeme odebírat výkon z každé fáze odlišný, může nastat případ, kdy elektřinu budeme odebírat z distribuční sítě, ale také tam budeme posílat náš přebytek. Tenhle typ střídače se nejvíce hodí tam, kde je odběr ze všech fází stejný například u fotovoltaických elektráren, které nejsou postaveny za účelem napájení spotřebičů, ale za účelem dodávky elektrické energie do sítě. Někdy jsou také nazývány jako distribuční. [11], [12], [13]

### **1.3.6 Trojfázový střídač – asymetrický**

Asymetrické trojfázové střídače jsou pro nás v České republice ty nejvýhodnější, jelikož zvládnou posílat vyrobenou energii do každé fáze zvlášť přesně podle potřeby. A proto při správné instalaci se nám nestane, že bychom z distribuční sítě, jak odebírali energii, tak i posílali přebytek do distribuční sítě. Tyhle asymetrické střídače se nejvíce hodí u objektů, kde je odběr z fází různý. To mohou být jak komerční objekty, tak domácnosti. [11], [12], [13]

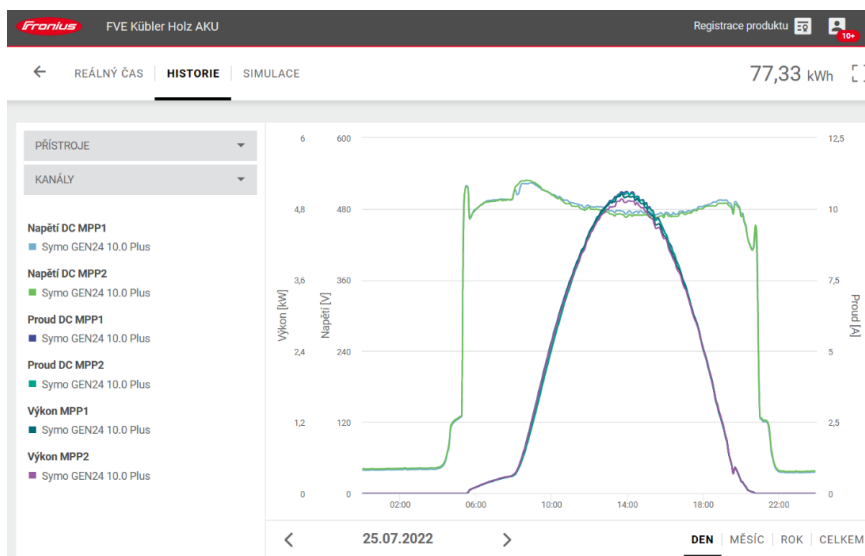
### **1.3.7 Shrnutí střídačů**

Každý střídač má své pro a proti, a mají své ideální využití pro různé objekty. Například hybridní trojfázový asymetrický střídač je možné použít pro všechny typy instalací, ale z ekonomického hlediska je to nepřijatelné. Proto je vždy snaha zvolit správný typ střídače, aby jeho potenciál byl zcela využit a návratnost investice byla co nejkratší.

## 1.4 Optimizéry

Použití optimizérů je jedním z nejlepších opatření pro snížení energetických ztrát a dosažení maximálního výkonu naší fotovoltaické elektrárny. Ke snížení výkonu dochází, když jsou elektrické parametry jednoho solárního panelu výrazně jiné od parametrů ostatních.

Výkon je součin napětí a proudu. Výstupní výkon panelu závisí na množství osvětlení. Při zastínění panelů se jejich výstupní napětí velice nemění a mění se pouze proud. Jak je možno vidět na obrázku 11 a 12, výstupní napětí z panelů zůstává po celý den téměř stejné.



Obrázek 11: Graf napětí a proudu FVE dne 25.7.2022

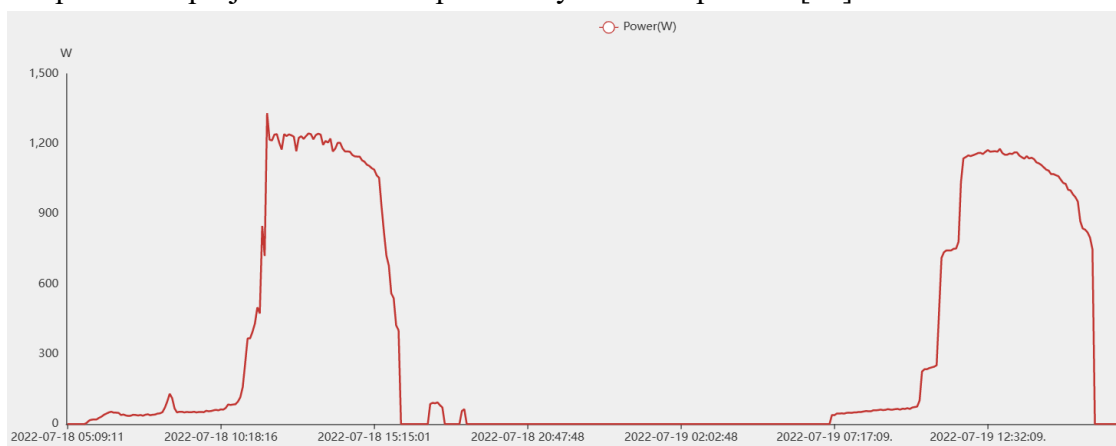


Obrázek 12: Graf napětí a proudu FVE dne 26.07.2022

Při zapojení sériově se sčítá výstupní napětí panelů v řadě a bez použití optimizérů je výstupní proud roven proudu fotovoltaického panelu s nejmenším výkonem. To znamená, že pokud se v řadě nachází panel, který produkuje pouze 50 % svého maximálního výkonu, celá řada pojede na 50 % svého výkonu.

Ke snížení výkonu panelu může dojít již při jeho výrobě, i u kvalitních solárních panelů je udávaná odchylka výkonu mezi 0 a 5 W. Dále to mohou způsobit mraky, překážky na budovách například komíny, které vrhají stíny na některé panely v řadě, nutnost umístit panely do různých směrů, rozdílná teplota panelů nebo jejich poškození.

Výkonové optimizéry umožňují každému panelu vyrábět maximum energie tím, že sledují výkon jednotlivých panelů a přizpůsobí napětí a proud tak, aby panel s nižším výkonem negativně neovlivňoval výkon zbytku řady. Použití výkonových optimizérů nám přináší možnost instalaci různě natočených nebo nakloněných solárních panelů, což nám při našem projektování může pomoci využít větší plochu. [14]



Obrázek 13: FVE před a po instalaci optimizérů výkonu

Na obrázku 13 můžeme pozorovat změnu výstupního výkonu z panelů po instalaci výkonových optimizérů Tigo. Změny se týká dřívější náběh, vyhlazení a doby trvání výkonu.

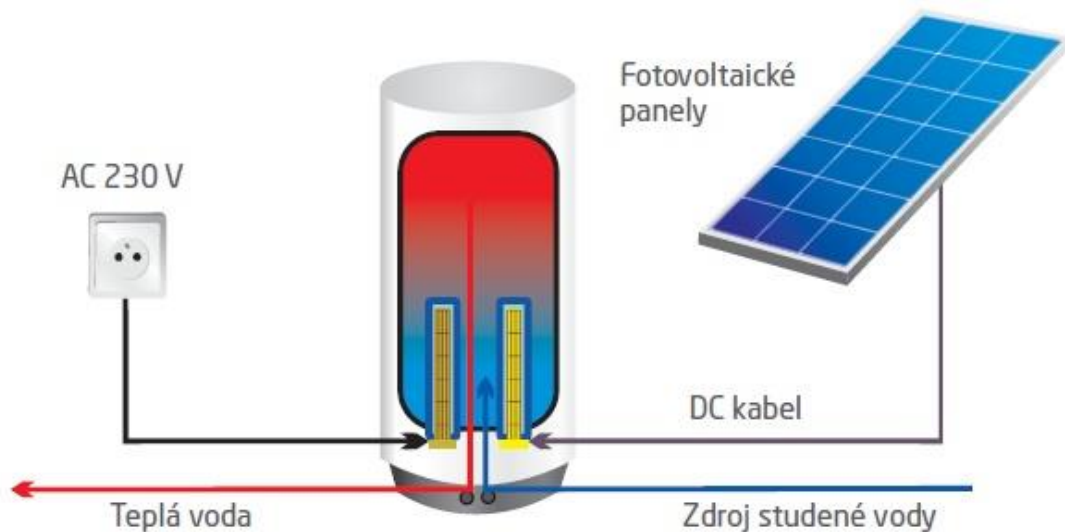
## 1.5 Akumulační systém

Akumulační systém může pomoci ušetřit peníze za elektrickou energii, protože umožňuje využívat energii produkovanou fotovoltaickými panely v době, kdy fotovoltaická elektrárna nemá sluneční osvit například v noci. To znamená, že je možno snížit spotřebu elektrické energie z distribuční sítě a využívat vlastní uloženou energii, což může přinést významné úspory na účtech za elektrickou energii.

Akumulační systém fotovoltaické elektrárny u rodinného domu může pomoci zvýšit nezávislost na dodavatelích elektrické energie a zlepšit spolehlivost dodávek elektrické energie v případě poruchy nebo výpadku místní sítě. U rodinných domů se nejčastěji uvažují pouze dvě varianty.

### 1.5.1 Akumulace do vody

Akumulace do teplé vody je nejlevnější a nejjednodušší způsob uchování energie. Tenhle způsob akumulace je výhodný u malých instalací, kdy není možné dodávat do sítě přebytky. Přebytek energie z fotovoltaické elektrárny je použit na ohřev teplé vody v boileru. Na ohřev se převážně používá střídavé napětí, ale například u malých instalací do 2kWp je ekonomicky výhodné zapojení bez střídače, kde pomocí stejnosměrného napětí z fotovoltaických panelů se přímo ohřívá spirála boileru.



Obrázek 14: Hybridní ohřívač vody [15]

### 1.5.2 Akumulace do baterií

Druhů baterií je spousta, ale u fotovoltaických instalací se nejvíce používají lithiové baterie s označením LiFePO4. Výrobci o této technologii udávají jako o nejbezpečnější, s garancí cirká 6000 cyklů a životností minimálně 10 let, při správném nabíjení a vybíjení. V praxi se můžeme setkat s nízkonapěťovými i vysokonapěťovými zapojeními baterií. Liší se pouze v potřebě výrobce střídače. Nízkonapěťové baterie se často používají pro ostrovní systémy a vyznačují se větší bezpečností, zatímco vysokonapěťové baterie, které mají menší ztráty při převodu se používají u hybridních systémů či velkých bateriových úložišť.

U většiny hybridních střídačů není možnost připojení baterií od jiného výrobce. Baterie se zapojují dle potřeb střídače na určité provozní napětí, takže není možnost kombinovat baterie od různých výrobců nebo zapojit jakékoliv množství. Například u výrobce SolaX při zapojení master/slave battery je možné minimálně zapojit 2 baterie a maximálně 4, čímž můžeme dosáhnout kapacity až 23,2 kWh. Při potřebě větší kapacity úložiště energie je možné použití parallel boxu, který nám umožní použít maximálně 8 slave baterií, čímž se dosáhne dvojnásobné kapacity.

Technologie použitá v master battery a parallel boxu se nazývá BMS neboli Battery Management System, který lze najít téměř u všech větších bateriových systémů. Tento řídicí systém měří elektrické napětí a proudy každé baterie a řídí jejich vybíjení a nabíjení a snaží se zamezit jejich poškození.



Obrázek 15: Master/Slave battery SolaX

## 2. NORMATIVNÍ POŽADAVKY NA DOMOVNÍ INSTALACI FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU

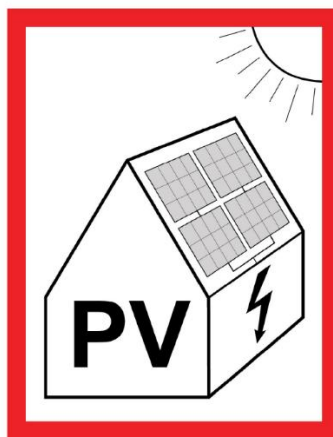
O podmínkách a požadavcích na výstavbu a bezpečný provoz fotovoltaického systému v České republice pojednává mnoho právních směrnic, na které navazují české technické normy, které důkladněji určují podmínky bezpečného provozování. Přímo norma o fotovoltaických systémech, která pojednává o domovní instalaci je ČSN 33 2000-7-712 ed.2 Elektrické instalace nízkého napětí – Část 7-712: Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech – Fotovoltaické (PV) systémy. Dále se nesmí zapomenout, že při výstavbě fotovoltaického systému je třeba dbát na i na ostatní normy, zejména ze souboru ČSN 33 2000.

### 2.1 ČSN 33 2000-7-712 ed.2

Tahle norma se zabývá instalací fotovoltaické elektrárny pro místní spotřebu a dodávku elektrické energie do distribuční sítě.

#### 2.1.1 Bezpečnost

Všechny součásti a přístroje fotovoltaického systému musí splňovat požadavky příslušných norem elektrického zařízení. Veškerá elektroinstalace na DC straně musí být vždy brána jako zařízení pod napětím, i když je odpojena AC strana nebo i střídač. Proto na střídači musí stát upozornění, že před údržbou musí být odpojen jak z AC, tak i DC strany. Pro zaručení bezpečnosti musí být na začátku instalace, v místě měření elektrické energie a na spotřebičích a rozváděčích napájených ze střídače upozornění na přítomnost fotovoltaické elektrárny.



Obrázek 16: Označení upozornění na výskyt FVE [16]

Pro požární bezpečnost se používají národní a místní požadavky a veškeré kryty instalované mimo vnitřní prostředí musí mít minimální stupeň krytí IP44 a IK07.

### 2.1.2 Kabely

Kabely musí být dimenzovány tak, že jejich proudová zatížitelnost je větší nebo rovna maximálnímu DC proudu fotovoltaického pole a instalovány tak, aby rizika zemní poruchy a zkratu byly co nejmenší. Toho se docílí použitím jednožilového kabelu buď s nekovovým pláštěm nebo kabelem uloženým v izolovaném žlabu.

Kabely nesmí být vedeny přímo po střeše a měly by být vedeny společně s ekvipotencionálním pospojováním. Také smyčky kabelů PV řetězců mají být co nejkratší, aby se minimalizovala indukce napětí z blesků.

Pokud napětí stejnosměrného proudu překročí hranici 120 V je nutno použít kabely s dvojitou nebo zesílenou izolací. Uvažovaná teplota okolí kabelu je 70 °C.

Konektory kabelů musí být dostatečně elektricky i mechanicky odolné vůči vlivům prostředí a musí být umístěny v místě, které není přístupné bez klíče nebo jiného nástroje. Konektory umístěny na laickým přístupných místech musí být opatřeny konektory rozpojitelnými pouze za použití speciálního nástroje.

### 2.1.3 DC rozváděč

V případě, kdy se v rozváděči nacházejí zařízení bez vypínací schopnosti, které je možno použít k rozpojení obvodů, a tím vytvořit elektrický oblouk, je třeba rozváděč umístit do uzamykatelné místnosti nebo opatřit rozváděč uzamykatelným krytem.

#### **Ochrana proti nadproudům**

Pro dosažení požadovaného napětí se fotovoltaické panely zapojují sériově tzv. stringů (řetězců). Tyhle řetězce můžeme paralelně spojovat pro zvětšení proudu pomocí rozbočovacích konektorů, MPP trackerů nebo přímo na střídači. Všechny tyto paralelně spojené stringy musí mít stejné jmenovité napětí. To znamená při použití stejných typů panelů je třeba mít stejný počet panelů zapojených v sérii.

Pokud je na střídač zapojeno více než dva těchto paralelně zapojených řetězců je nutno chránit PV řetězce proti nadproudům. Každý řetězec musí být chráněn samostatně a musí mít chráněn každý pól samostatně pomocí gPV pojistek, pojistkové kombinace nebo jiného zařízení v souladu s příslušnými normami.

Pro případ manipulace a práce na střídači musí být možnost odpojení střídače od stejnosměrného napětí, a proto je to často řešeno pomocí pojistkového odpínače i pro instalace se dvěma stringy.

#### **Ochrana proti přepětí**

Pokud norma ČSN 33-2000-4-4-443 ed.3 vyžaduje použití ochrany proti přechodnému přepětí je nutno, aby ochrana byla použita i na DC straně fotovoltaické instalace. V případě, kdy se ve střídači nachází ochrana před přepětím (SPD) typu 2, označené pro použití u stejnosměrného proudu, není nutno doplňovat externí ochranou v rozváděči. Použití SPD typu 1 je nutno pouze v případě kdy je potřebná ochrana proti

účinku přímých blesků do budovy a není dodržena dostatečná vzdálenost  $S$  určená souborem norem ČSN EN 62 305.

Ochrana proti přepětí se musí umístit co nejbliže ke střídači, jak to podmínky instalace dovolují, pokud délka kabelů od vstupu do budovy ke střídači je více než 10 metrů, je na zvážení přidání dalších ochran. Minimální průřezy kabelů pro připojení ochran ke svorkovnici pospojování je pro SPD typu 1 měděný vodič  $16 \text{ mm}^2$  a pro typ 2 měděný vodič  $6 \text{ mm}^2$ .

#### **2.1.4 Požadavky na straně AC**

V distribučním rozváděči musí být umístěna nadproudová ochrana, která chrání napájecí kabely vedoucí ke střídači proti účinkům zkratových proudů. Při přidání proudového chrániče (RCD) pro ochranu těchto kabelů je nutno použít RCD typu B, které se používají u instalací, kde je riziko vzniku stejnosměrného reziduálního proudu.

Pokud je v domovní elektroinstalaci vyžadována přepět'ová ochrana musí být umístěna co nejbliže ke střídači, pokud se ale střídač nachází dále než 10 m od počátku instalace měla by být instalována i tam. Minimální průřezy kabelů pro připojení ochran ke svorkovnici pospojování je pro SPD typu 1 měděný vodič  $16 \text{ mm}^2$  a pro typ 2 měděný vodič  $6 \text{ mm}^2$ .

Dále musí být možnost odpojení střídače od AC sítě a vodiče pracovního pospojování musí mít minimální průřez  $4 \text{ mm}^2$  v mědi nebo jeho ekvivalent.

#### **2.1.5 Hromosvod a uzemňovací soustava**

Pokud je celý fotovoltaický systém uvnitř chráněného prostoru před bleskem (LPS), pak všechny části a kabely tohoto systému musí být odděleny od veškerých částí LPS. Nelze-li dodržet vhodnou vzdálenost, pak je třeba připojit konstrukci fotovoltaického systému k LPS pro vyrovnání potenciálu.

Informace v 2. kapitole Normativní požadavky na domovní požadavky na domovní instalaci fotovoltaického systému byly převzaty z [16].

### **3. POŽADAVKY NA OCHRANU FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU PŘED BLESKEM**

Blesk je nejsilnější přírodní elektrický výboj, jenž vytváří přepětí, které ohrožuje veškeré elektrické a elektrotechnické zařízení až do vzdálenosti cirká 2–4 km. S čím dál větším pokrokem v elektrotechnickém průmyslu jsou součástky náchylnější na kratší rušivé signály. Aby úder blesku neměl destruktivní účinek, je nutné zajistit dostatečnou ochranu před jeho dopadem.

Pokud tomu tak není, energie blesku nekontrolovatelně prochází do země přes veškeré vodivé prvky konstrukce domu a jeho elektroinstalaci. Průchod blesku vodičem má za následek jeho ohřátí až na takovou teplotu, která ho nejen může poškodit ale i způsobit požár. Při požáru dochází k ohrožení jak lidského života, tak i k hmotným škodám. Proto je velice důležité mít správné ochranné opatření, aby blesk byl sveden do země a zamezilo se poškození veškeré elektroinstalace jak v domě, tak v jeho blízkosti. O ochraně před bleskem se zabývá soubor norem ČSN EN 62 305. [17]

#### **3.1 Dělení ochrany**

Ochrana před bleskem je možno rozdělit podle dvou typů škod:

1. ochrana pro snížení hmotných škod a ohrožení života
2. ochrana pro snížení poruch vnitřních systémů.

Ochrana majetku a života dosáhneme pomocí systému ochrany před bleskem zvané LPS (Lightning Protection System). Tenhle systém ochrany se dále dělí na vnitřní a vnější. Důležitou součástí jsou obě, jelikož první půlku energie přímého zásahu blesku převezme zemnicí soustava hromosvodu a druhou půlku vnitřní pospojování. Vnější ochrana nás chrání před přímým úderem blesku a dělí se na tři hlavní části: jímací soustava pro zachycení blesku, soustava svodů pro svedení blesku k uzemňovací soustavě a uzemňovací soustava, která umožní blesku rozptýlit se do země. Pro vnitřní systém ochrany LPS je použito ekvipotencionální pospojování a dodržení dostatečných vzdáleností pro zabránění nebezpečného jiskření. Ochrana pro snížení rizika poruchy vnitřních systémů (SMP) má za úkol omezit jak účinky úderu blesku do stavby, do její blízkosti, do vedení připojených ke stavbě, tak i před poruchami v distribuční síti a je provedena pomocí přepětiových ochran (SPD). [18]

## 3.2 Návrh ochrany LPS

Při návrhu ochrany LPS je nedílnou součástí určení její třídy, které jsou stanoveny na základě hladiny ochrany před bleskem (LPL) a vlastností chráněné budovy. Při výběru stupně třídy LPS je logické uvažovat nad důležitostí stavby, aby samotná ochrana nebyla dražší než chráněná budova. Norma ČSN EN 62 305 přímo nepředepisuje třídu LPS na daných objektech, ale požaduje minimalizování možných rizik. Pro nejlepší ochranu se volí LPS I, ale pro rodinné domy je to zbytečné. Proto je možné se řídit zjednodušenou tabulkou. [18], [19]

Třída LPS	Druh objektu
I	budovy s vysoce náročnou výrobou, energetické zdroje, budovy s prostředím s nebezpečím výbuchu, provozovny s chemickou výrobou, nemocnice, jaderné elektrárny (+ předpisy KTA), automobilky, plynárny, vodárny, elektrárny, banky, stanice mobilních operátorů, řídicí věže letiště, výpočetní centra
II	supermarkety, muzea, rodinné domy s nadstandardní výbavou, školy, katedrály, prostory s nebezpečím požáru (výroba a zpracování dřeva, barev a laků, plastů), výškové stavby >100 m, operační a provozní pracoviště hasičů a policie, expediční sklady, akvaparky
III	rodinné domy, administrativní budovy, obytné budovy, zemědělské stavby
IV	budovy stojící v ochranném prostoru jiných objektů (bez vlastního hromosvodu), obyčejné sklady apod., stavby a hały bez výskytu osob a vnitřního vybavení

Tabulka 2: Zjednodušená tabulka pro určení třídy LPS [19]

## 3.3 Ochrana pro snížení hmotných škod a ohrožení života

### 3.3.1 Jímací soustava

Úkol jímací soustavy je zachytit blesk, tak aby nevznikly žádné následky. Je tedy nezbytné ji správně rozmístit a dimenzovat tak, aby k žádné škodě nemohlo dojít. Jímací soustava je tvořena z jímacích tyčí, které jsou propojeny vedením a připojeny na soustavu svodů.

Jímací tyč je kovová tyč tvořená nejčastěji z oceli, hliníkové slitiny či mědi, která je uchycená na podstavci nebo ve svorkách. Jímače můžeme rozdělit dle normy na strojené a náhodné. Strojený jímač je umístěn na střeše podle projektové dokumentace a je součástí celé soustavy. Za náhodný jímač jsou například považovány kovové části střechy a budovy, které mají dostatečnou tloušťku materiálu a jsou vodivě spojeny s ostatními částmi bleskosvodu.

Jímací vedení se vyrábí ze stejných materiálů jako jímací tyč, většinou je nově tvořeno pomocí pozinkovaného ocelového drátu nebo drátu ze slitiny AlMgSi o průměru 8 až 10 mm. Dále je třeba dbát na použitím materiálu střechy a stupně jeho hořlavosti. Pokud je materiál střešní krytiny z nehořlavého materiálu je možné umístit jímací soustavu přímo na ni. V opačném případě je nutné umístění vodiče jímací soustavy na podpěry o minimální výšce 10 cm a u velmi hořlavých o minimální výšce 15 cm.

U jímací soustavy i soustavy svodů je důležité dodržovat dostatečnou vzdálenost  $S$ , která zajišťuje elektrickou izolaci pomocí vzdálenosti mezi částmi bleskosvodu a vodivými součásti budovy a její elektroinstalací. Výpočet dostatečné vzdálenosti je možný pomocí zjednodušené rovnice (1), kde:

$$S = \left(\frac{K_i}{K_m}\right) \cdot k_c \cdot l \quad [\text{m}] \quad (1)$$

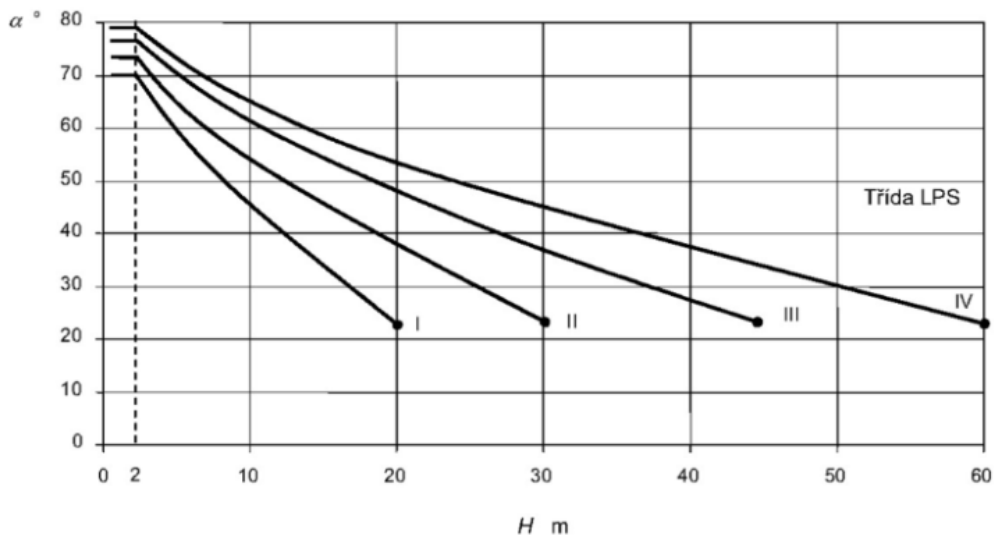
$K_i$	je koeficient podle třídy LPS
$K_m$	je koeficient podle materiálu elektrické izolace
$k_c$	je koeficient podle proudu blesku tekoucí jímači a svody
$l$	je vzdálenost po bleskosvodu od zjišťovaného místa k ekvipotencionální svorkovnici nebo zemnicí soustavě

Při návrhu jímací soustavy se na rozmístění jímacích tyčí používají tři metody: metoda valící se koule, metoda mřížové soustavy a metoda ochranného úhlu. Každá metoda má své využití, ale tou nejuniverzálnější je metoda valící se koule. Tato metoda je ze všech nejsložitější, ale je vhodná pro všechny typy staveb od těch nejjednodušších až po ty složité.

Při návrhu hromosvodů je nesmírně důležitá prostorová představivost, jelikož množství programů pro jejich návrh je omezené, a ne vždy zcela finančně přijatelné. Proto se v praxi často pro rozmístění používají systémy CAD. Ve většině případů je možné využití 2D prostoru, naopak u těch složitějších je možné nesprávný výsledek, a proto je potřeba použít program, kde je možná modelace budovy v 3D prostoru. [20], [21], [22]

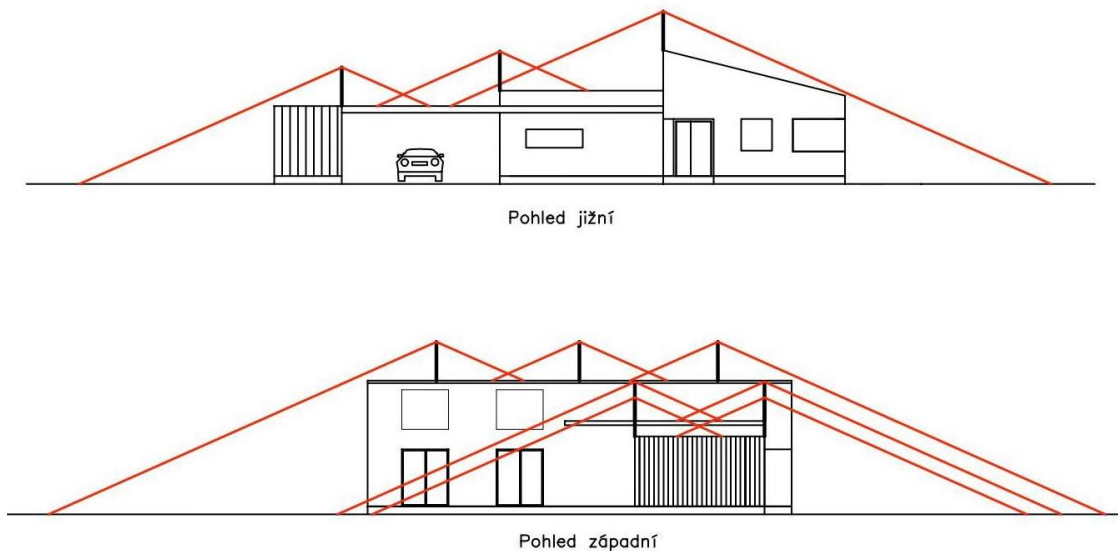
### Metoda ochranného úhlu

Metoda ochranného úhlu spočítá ve vymezení ochranného prostoru pomocí fiktivních kuželů s vrcholy v nejvyšších bodech jímací soustavy. Rozměry kuželů jsou dány velikostí ochranného úhlu  $\alpha$ , který se určí podle výšky jímací tyče nad referenční rovinou ochranného prostoru a úrovní třídy LPS. [24]



Obrázek 17: Graf pro určení velikosti ochranného úhlu [23]

Správně chráněnému objektu nesmí vyčnívat žádná část budovy z ochranného prostoru. Je třeba dbát na umístění komínů, antén či klimatizací. Tahle metoda se nejčastěji používá u rodinných domů se sedlovou střechou. [24]



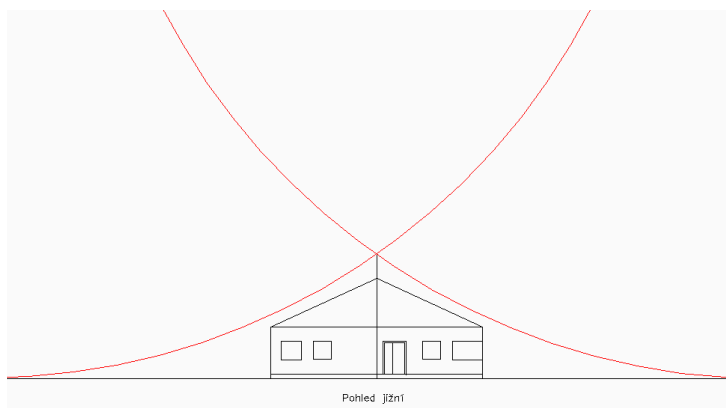
Obrázek 18: Metoda ochranného úhlu

### Metoda valící se koule

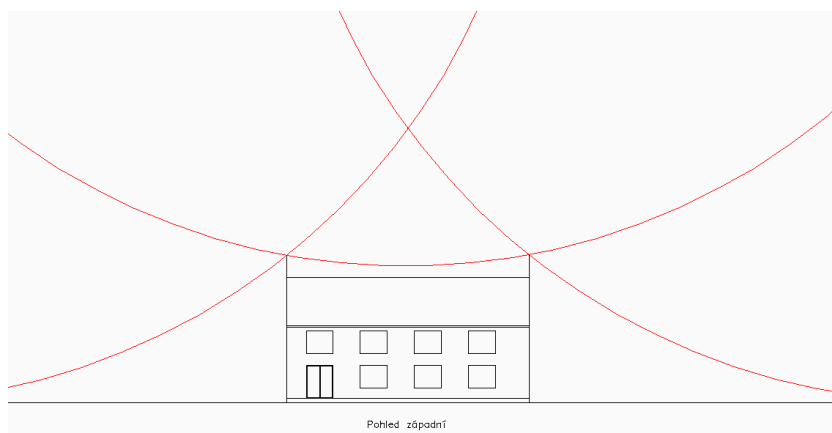
Metoda valící se koule je ta nejvíce univerzální. Je ji možné použít pro projektování hromosvodů u budov všech tvarů, i těch nejvíce neobvyklých. Spočívá v představě blesku jako valící se koule na budovu. Pro správnou ochranu se tato koule smí dotknout jen jímací soustavy a země. Pokud by došlo k dotyku koule a budovy, je to znamením nedostatečné ochrany a je třeba doplnit o další části jímací soustavy například pomocné jímače. Poloměr valící se koule je dán třídou LPS a je dán tabulkou 4.

Třída LPS	Poloměr valící se koule [m]
I	20
II	30
III	45
IV	60

Tabulka 3: Poloměr pro metodu valící se koule [24]



Obrázek 19: Metoda valící se koule část 1



Obrázek 20: Metoda valící se koule část 2

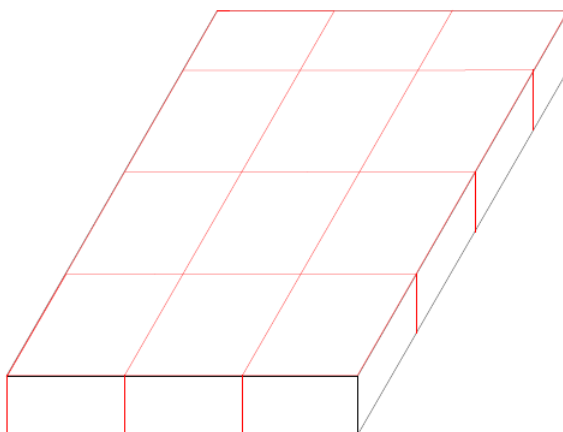
### Metoda mřížové soustavy

Metoda mřížové soustavy se nejčastěji používá pro návrh bleskosvodu u plochých střech se sklonem do 5°, ale je jí možné použít i pro sedlové střechy. Spočívá v rozmístění vodičů jímací soustavy a pomocných jímacích tyčí do mřížové sítě se čtvercovými oky a rozměrech podle třídy LPS dle tabulky 3.

Třída LPS	Velikost oka [m]
I	5x5
II	10x10
III	15x15
IV	20x20

Tabulka 4: Velikost oka ve mřížové soustavě [24]

Vodiče se nejprve umísťují na okraje budovy a dále po její ploše tak, aby vytvořili síť s danými rozměry.



Obrázek 21: Metoda mřížové soustavy

### 3.3.2 Umístění FV panelů

Fotovoltaické panely i s konstrukcí se umísťují do chráněného prostoru jímací soustavy a je snaha dodržet od ní dostatečnou vzdálenost  $s$ . Nosnou konstrukci panelů je třeba pospojovat Cu vodičem s minimálním průřezem 6 mm<sup>2</sup> a připojit k ekvipotencionální přípojnici. Pokud není konstrukce s panely umístěna v chráněném prostoru je třeba doplnit jímací soustavu o pomocné jímací tyče a při nedodržení dostatečné vzdálenosti  $s$  od bleskosvodu je třeba přidání SPD typu 1 do DC rozváděče.

### 3.3.3 Soustava svodů

Soustava svodů slouží pro bezpečné svedení blesku do země, je to propojení mezi jímací a uzemňovací soustavou. Svody musí být vedeny co nejkratší cestou a nejlépe rozmístěny rovnoměrně po obvodu budovy. Počet jednotlivých svodů a vzdálenost mezi nimi jsou určeny podle třídy LPS dle tabulky 5. To znamená, že pokud je budova zařazena do třídy LPS III a její obvod je 48 metrů, tak je třeba aby měla minimálně 4 svody.

Třída LPS	Vzdálenost mezi svody [m]
I	10
II	10
III	15
IV	20

Tabulka 5: Vzdálenost mezi svody [24]

Svody se z pravidla umísťují na podpěry ze strany budovy vně na fasádu, ale je možné z estetického hlediska instalovat i do ní. Podpěry se rozmísťují tak aby byl svod řádně napnut a vzdálenost mezi podpěrami nesmí být větší než 1,5 metru. Dále se ve výšce 1,8m nad zemí zhotoví zkušební svorka pro změření zemního odporu. U skrytých svodů je třeba zkušební svorku umístit do krabice ve fasádě. U svodů se musí dodržovat dostatečná vzdálenost s mezi svody a kovovými částmi budovy a elektrické instalace v budově. Pokud není možné dodržení dostatečné izolační vzdálenosti je možné použití HVI vodičů.

### 3.3.4 Zemnicí soustava

Nedílnou součástí bleskosvodu je rozptýlení blesku do země, které je provedeno pomocí zemnicí soustavy. Pro správnou funkci je třeba, aby zemnicí soustava měla co nejmenší odpor se zemí. Zemní odpor se měří pomocí zkušební svorky na svodech a nesmí přesáhnout hodnotu 10  $\Omega$ .

K zemnicí soustavě jsou připojeny veškeré svody na budově. U novostaveb bývá zhotovena pomocí zemnicího pásku položeného do základů budovy ještě před jejich betonováním. V místě připojení svodů na zemnicí soustavu je možné přidání takzvaných zemnicích tyčích, které se zatloukají do země pro snížení zemního odporu. Zemnicí pásek i tyče se nejčastěji vyrábí z pozinkované železa, ale může být i z mědi nebo nerez.

U instalací fotovoltaických systémů pro rodinné domy, které se nachází v ochranném prostoru ostatních budov, a tedy bez bleskosvodu a zemnicí soustavy je třeba doplnit o zemnicí soustavu pro ekvipotencionální přípojnicí.

### 3.3.5 Ekvipotencionální pospojování

Ekvipotencionální pospojování slouží k vyrovnání rozdílných potenciálů vodivých částí objektu, ke kterým může dojít po průchodu proudu blesku přes LPS. Pro zabránění vytvoření těchto rozdílných potenciálů je třeba všechny vodivé části vzájemně spojit. Spojení je provedeno pomocí ekvipotencionální svorkovnice, která je připojena k zemnicí soustavě.

Pro spojení vodivých částí objektu k ekvipotencionální svorkovnici je vyžadován kabel Cu s minimálním průřezem  $6 \text{ mm}^2$ , pro připojení ekvipotencionální svorkovnice k zemnicí soustavě je třeba použít kabel Cu s minimálním průřezem  $16 \text{ mm}^2$  nebo jejich ekvivalenty.

## 3.4 Ochrana pro snížení poruch vnitřních systémů

Jako ochrana pro snížení poruch vnitřních systémů se používají přepět'ové ochrany neboli svodiče přepětí. Svodiče přepětí mají za úkol ochránit dané zařízení před nebezpečným zvýšeným napětím v elektrickém obvodu. Tyhle zařízení jsou vodivě spojeny se zemí a při zvýšeném napětí dojde ke svedení přepětí do zemnicí soustavy. V praxi se můžeme setkat se třemi druhy ochran podle jejich citlivosti.

### 3.4.1 Přepět'ová ochrana typu 1

Přepět'ové ochrany typu 1 slouží pro ochranu před přímým úderem blesku do budovy. Používají se jak na AC, tak i DC straně elektroinstalace fotovoltaické elektrárny a budovy. Použití na straně DC je vyžadováno pouze v případě, kdy není dodržena dostatečná vzdálenost  $S$  od fotovoltaického systému a částí LPS nebo je s ní konstrukce fotovoltaické elektrárny vodivě spojena. Na straně AC je třeba instalovat vždy, aby se nebezpečné přepětí z blesku nedostalo do distribuční sítě.

### 3.4.2 Přepět'ová ochrana typu 2

Přepět'ové ochrany typu 2 slouží pro ochranu před nepřímým úderem blesku do budovy a chrání před přepětím, které se naindukuje na vodiči. Používají se také na obou stranách elektroinstalace fotovoltaické elektrárny a budovy.

Použití na straně DC je vyžadováno pouze v případě, kdy není přepět'ová ochrana typu 2, označena výrobcem pro použití na straně DC, vestavěna ve střídači. Pokud se střídač nachází dále než 10 m od vstupu kabelů do budovy je třeba doplnit o další přepět'ovou ochranu. Na straně AC je třeba instalovat vždy, aby nebezpečné přepětí z blesku, které se naindukuje na přívodním kabelu nepoškodilo domovní elektroinstalaci.

## **4. POŽADAVKY DISTRIBUČNÍCH SPOLEČNOSTÍ NA PŘIPOJENÍ DOMÁCÍCH FV SYSTÉMŮ**

Připojovací podmínky se vztahují na všechny nové výrobní uváděné do provozu, kde dochází k rekonstrukci výrobní části nebo k navyšování instalovaného nebo rezervovaného výkonu. Tohle je možné jen se souhlasem provozovatele distribuční soustavy na příslušnou žádost pro mikrozdroje. Možnosti podání žádosti jsou dvě: „Žádost o zjednodušený způsob připojení mikrozdroje“ bez možnosti přetoků a „Žádost o standární způsob připojení mikrozdroje“ s možností dodávky elektrické energie do distribuční soustavy a následného jejího odprodeje a možností ostrovního systému.

Veškerá připojení musí být v souladu s platnou legislativou, zákony č.458/2000 Sb. a 165/2012 Sb., vyhláškou č.16/2016Sb., pravidly provozování distribučních soustav, platnými českými technickými normami, podnikovými normami energetiky a podmínkami provozovatele distribuční soustavy.

Všechny výrobní musí být schopny operativního odpojení od distribuční soustavy, aby distribuční společnosti mohly regulovat stav sítě a předešly stavům nouze. Dále je povinností výrobce zajistit smlouvu s dodavatelem elektřiny o odprodeji vyrobené energie, a nepřekračovat sjednanou hodnotu rezervovaného výkonu. [25], [26]

### **4.1 Distributor nebo dodavatel**

V České republice se nacházejí tři distributoři. Jsou to EG.D, ČEZ Distribution a PREdistribution, ti mají na starost správné fungování energetické soustavy. Ty si nevybíráme, ale spravují určité území. Oproti tomu dodavatele si můžeme vybrat a ten se stará kromě nakupování elektrické energie na burze taky o komunikaci s distributorem. Určení, zda domácnost bude mít povolené přetoky do sítě je na distributorovi, ale jejich odprodej se řeší s dodavatelem.

Požadavky na připojení fotovoltaických systémů mají distribuční společnosti EG.D a ČEZ Distribution veřejně na svých internetových stránkách. Za to podnikové normy firmy PREdistribution jsou dostupné pouze autorizovaným osobám ze zhotovitelských firem.

## 4.2 Připojovací podmínky EG.D

### 4.2.1 Elektroměrový rozváděč

Měření v distribuční síti má na starost provozovatel, domácnost má však povinnost na své náklady zajistit instalaci měřícího zařízení a aby odběrné místo bylo ve shodě s připojovacími podmínkami provozovatele distribuční společnosti, zejména musí být trvale přístupné i bez přítomnosti odběratele. O tak zvané zaplombování, údržbu a pravidelné kontroly už se stará distributor. Měřící zařízení musí umět změřit množství dodané a odebrané činné a jalové složky elektřiny.

V elektroměrovém rozváděči se můžou nacházet pouze jističí prvky s vypínací zkratovou schopností minimálně 10 kA. Barvy vodičů jednotlivých fází musí odpovídat normě: L1 – hnědá, L2 – černá a L3 – šedá s minimálním průřezem plného vodiče Cu 6 mm<sup>2</sup> nebo jeho ekvivalentem.

Rozváděč je třeba vybavit přijímačem HDO, pro regulaci výkonu fotovoltaické elektrárny. Jištění přijímače HDO musí být provedené pomocí jednofázového jističe s vypínací charakteristikou B, jmenovitou hodnotou proudu 2 A a jeho vypínací zkratová schopnost musí být minimálně 10 kA. Tenhle jistič je umístěn v elektroměrovém rozváděči a je také zaplombován.

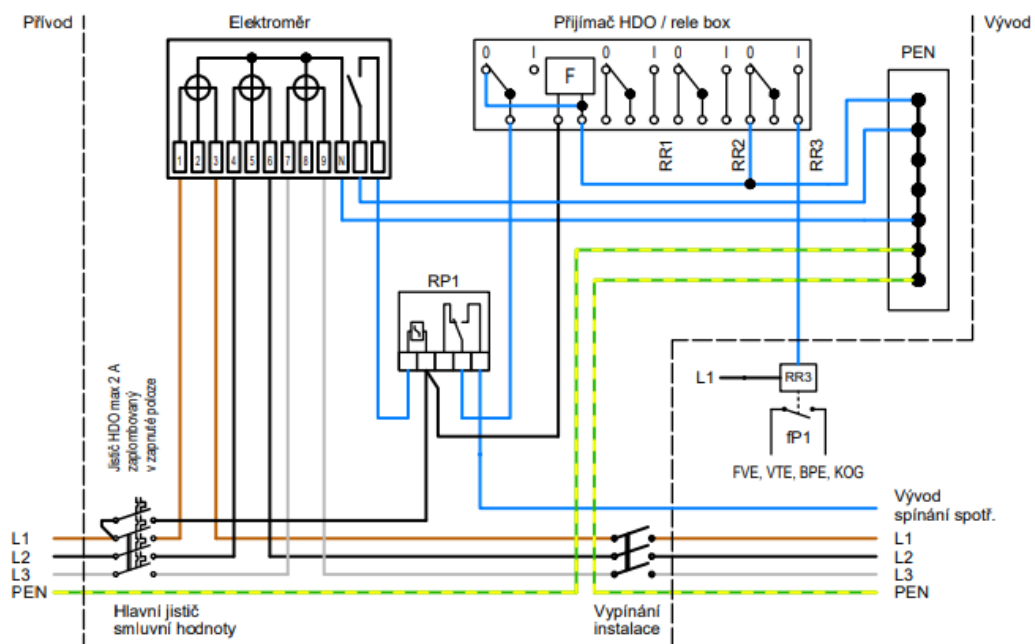
Dále se na místech, kde se nachází výroba elektrické energie nebo záložní zdroj musí být instalován z důvodu bezpečnosti vypínací prvek s označením „VYPÍNAČ INSTALACE“. Nejčastěji je proveden z vypínače nebo jističe o minimální hodnotě jmenovitého proudu jako hlavní jistič. [25]

#### 4.2.1.1 Regulace zdroje

U fotovoltaických elektráren se provádí regulace výkonu ve čtyřech stupních:

P1	0 % jmenovitého výkonu	RR3
P2	30 % jmenovitého výkonu	RR2
P3	60 % jmenovitého výkonu	RR1
P4	100 % jmenovitého výkonu	-

Regulace je provedena pomocí přijímače HDO, na který je odvysílán signál s informací o výběru sepnutí regulačních relé RR1, RR2 a RR3. Pro výroby do 100 kW stačí pouze jedno regulační relé RR3, jelikož tyto výroby se regulují pouze na stupně P1 a P4. Jako spojovací vedení mezi stykačem RR3 a přijímačem HDO je nutno použít plný vodič Cu o průřezu 1,5 mm<sup>2</sup> modré barvy. [25]



Obrázek 22: Zapojení elektroměrového rozváděče pro budovy s FVE do 100 kW (EG.D.) [25]

## 4.3 ČEZ Distribution

Pro mikrozdroje s povoleným přetokem i bez povoleného přetoku platí stejné technické požadavky, krom schopnosti dálkového odpojení od distribuční sítě. Výrobná elektrická energie nesmí zhoršit parametry kvality sítě v místě připojení.

V případě, kdy je v objektu umožněn ostrovní provoz je třeba při jeho provozu galvanicky oddělit objekt od distribuční sítě.

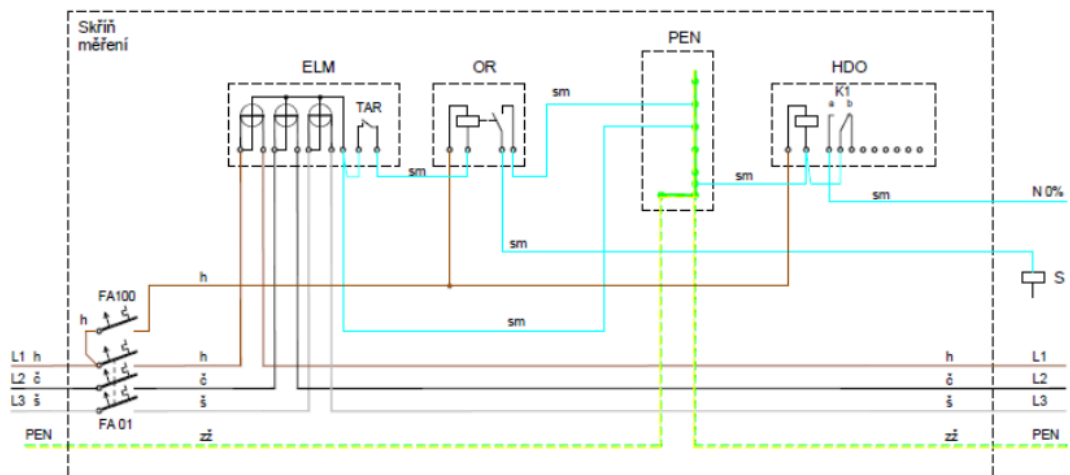
Dále je vyžadováno rozpadové místo, které zajistí odpojení výrobní od distribuční soustavy. Rozpadové místo musí být přístupné pro pracovníky provozovatele distribuční soustavy a musí obsahovat zařízení pro vypnutí generátoru a zajištění ve vypnuté poloze. Pro elektroinstalaci bez ostrovního režimu se rozpadové místo nachází ve střídači.

Pro výrobní do 11 kW, platí stejné pravidlo pro regulaci výkonu jako u EG.D, musí být řízeny pomocí přijímače HDO a relé na stupně výkonu 0 % a 100 %.

Pokud je fotovoltaická elektrárna připojena jednofázově nebo i vícefázově nesmí být nesymetrie větší než 3,7 kVA. U jednofázových elektráren do 3,7 kW je třeba je osadit jednofázovými podpět'ovými a přepět'ovými ochrany. Měření bude i tak realizováno čtyřkvadrantním elektroměrem, který i za případu, že je třífázový bude před elektroměrem jištěn jednofázovým jističem. [26]

### 4.3.1 Přijímač HDO a ovládací relé

Přijímač je dodáván provozovatelem distribuční soustavy a je umístěn do elektroměrového rozváděče, případná změna umístění musí být schválena. Napájení přijímače HDO je realizováno odbočením z přívodu hlavního jističe před elektroměrem a je jištěno přes zaplombovaný jednopólový jistič 2-6 A, charakteristiky B nebo C se zkratovou schopností minimálně 10 kA. Dále je z tímto jističem napájena cívka ovládacího relé, které zajišťuje galvanické oddělení stykače domovní elektroinstalace a elektroměru. Je možné ho umístit v zaplombovatelném krytu do elektroměrového rozváděče. [26]



**Legenda:**

ELM - čtyřkvadrantní průběhový elektroměr

FA01 - jistič před elektroměrem

FA100 - jistič obvodu ovládacího relé a HDO 2 - 6 A

PEN - svorkovnice PEN

TAR - výstupní svorka pro ovládání tarifu

HDO - přijímač HDO pro regulaci výkonu výroby elektřiny

OR - ovládací relé

Všechny cívkvy stykačů musí být připojeny na stejnou fázi a odjištěny

Napájení stykače S fázi při použití proudového chrániče musí být připojeno před tímto proudovým chráničem

Kontakty přijímače HDO jsou kresleny v poloze bez regulace výkonu výroby elektřiny

Maximální zatížení kontaktů přijímače HDO je 200 mA

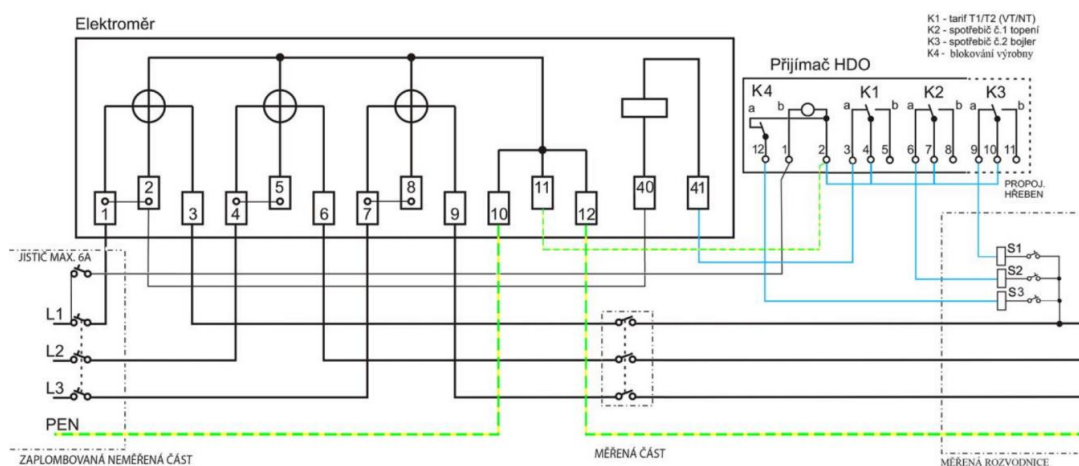
Barevné značení vodičů: h-hnědý, č-černý, š-šedý, zž-zelený/žlutý, sm-světle modrý

Obrázek 23: Zapojení elektroměrového rozváděče pro budovy s FVE do 100 kW (ČEZ) [26]

### 4.3.2 PREDistribution

Elektroměrový rozváděč se musí nacházet na přístupném místě v těsné blízkosti místa připojení. V rozváděči se musí nacházet elektroměr, přijímač HDO s jističem s maximální jmenovitým proudem 6 A pro jeho napájení a vypínací prvek pro galvanické oddělení elektroměru od domovní instalace.

U výroben do 11 kW je požadavek na ovládání výrobní stejný jako u ostatních společností a je možno odložit jeho zhotovení až o 3 měsíce. Elektrárnu je možné využívat až po uzavření všech potřebných smluv, jinak je to předpokládáno za neoprávněnou dodávku do elektrizační soustavy. [27]



Obrázek 24: Zapojení elektroměru s ovládáním výrobní (PRE) [28]

## **4.4 Výkup elektrické energie**

Možnosti výkupu elektřiny jsou dané podle podmínek dodavatele elektřiny. Na příklad u společnosti ČEZ je možné prodávat elektřinu jak za cenu na hodinu výkonu, tak za fixní cenu, zato u dodavatele e.ON není možné prodávat přetoky, pokud fotovoltaická elektrárna nebyla instalována samotnou společností. Na druhou stranu nabízí možnost takzvané virtuální baterie, kde zákazník za poplatek může dodávat přebytky do sítě a posléze je bezplatně opět odebrat. Jestliže ale mikro dodavatel odebírá elektrickou energii u společnosti, která neumožňuje prodávat přetoky, má možnost si sjednat výkup od společnosti Entri, kde není podmínkou od Entri elektřinu odebírat, a vykoupí ji za předem fixní cenu bez poplatku nebo spotovou cenu za velmi malý poplatek.

## **5. VYPRACOVÁNÍ PROJEKTU A REALIZACE**

V projektu je řešena výstavba fotovoltaické elektrárny na rodinném domě o instalovaném výkonu 9,1 kWp v distribuční síti EG.D. Investorův cíl je využití solárních panelů k výrobě elektřiny pro potřeby domácnosti a snížení závislosti na distributorovy. Fotovoltaická elektrárna bude umístěna na střeše rodinného domu a bude se skládat z fotovoltaických panelů, hybridního asymetrického střídače a bateriového úložiště. Projekt zahrnuje návrh a plánování instalace elektrárny, včetně zajištění veškerých potřebných povolení a schválení. Výstavbou fotovoltaické elektrárny bude přispěno k udržitelnému rozvoji a snižování skleníkových plynů.

### **5.1 Povolení výroby**

První potřebný krok pro zhotovení mikrozdroje je podání žádosti Smlouvy o připojení (SoP). Ve Smlouvě o připojení se uvádí informace o žadateli, souhlas vlastníka nemovitosti a údaje o zařízení jako jsou umístění výroby, druh výroby, popis výroby, způsob provozu výroby, požadovaný rezervovaný výkon a zjednodušené jednopólové schéma. V případě výroby nad 30 kW je nutné dokládat projektovou dokumentaci.

Projektová dokumentace musí splňovat požadavky určené v příloze č.4 Pravidel provozování distribuční soustavy (PPDS) a to v části 4.5. Projektová dokumentace se skládá z textové a výkresové části. V textové části se běžně nachází požárně bezpečnostní řešení stavby (PBŘ), průvodní zpráva (A), souhrnná zpráva (B) a technická zpráva (D). Ve výkresové části například situační výkres širších vztahů (C), katastrální a koordinační výkres (C), rozložení panelů (D), stringování FVE (D) a elektroinstalace FVE (D). V praxi se přesné požadavky na projektovou dokumentaci liší úřad od úřadu.

Po schválení projektové dokumentace může vámi vybraná firma provést elektroinstalaci výroby, úpravu elektroměrového rozváděče a vyhotovit další potřebné dokumentace pro uvedení výroby do provozu.

## 5.2 Příprava dokumentace a odběrného místa

Před začátkem instalace fotovoltaického systému domu je potřeba v domě zkontrolovat stav stávajících elektrických zařízení a možnosti umístění nové technologie. Na střeše je třeba provést ověření stavu hromosvodu, střešní krytiny a nosných trámů. Odborné posouzení pevnosti a nosnosti střechy by mělo být provedeno statikem.

Schválení dokumentace distributorem není u výroben do 10kW potřeba. Vypracování dispozice elektroinstalace, rozložení panelů, jejich stringování nebo výrobní dokumentace rozvaděče je dodávána instalační firmou pro potřeby zákazníka. V praxi je revizním technikem vyžadována jen technická zpráva ostatní dokumentace je výhodou.

### 5.2.1 Výkres elektroinstalace

Pro vytvoření půdorysu domu bylo nejprve potřeba změřit každou místnost v budově. Na základě fotografií místností a zapsaných hodnot vzdáleností bylo možné v programu Auto CAD nakreslit půdorys domu. S pomocí půdorysu objektu je možné jednoduše naplánovat přesnou trasu kabelů, tak aby byla co nejefektivnější a minimalizovala také nutnost průrazů konstrukcí budovy. Výkres elektroinstalace FVE bývá nedílnou součástí výkresové dokumentace pro stavební povolení pro výrobní s instalovaným výkonem 30kW a více.

Ve výkrese elektroinstalace se nachází umístění nové i stávající technologie a jejich kabelové trasy. Umístění panelů na střeše a jejich stringování. U kabelové trasy je napsán typ a průřez použitého kabelu.

### 5.2.2 Rozvaděče v objektu

Před instalací fotovoltaického systému je potřeba zkontrolovat, zda rozměry stávajících rozvaděčů jsou vyhovující, protože do elektroměrového rozvaděče bude přidán modul hromadné dálkové ovládání HDO, ovládací relé OR a jistič nebo vypínač pro bezpečné odpojení elektroměru od elektroinstalace domu.

Do domovního rozvaděče bude přidáno měření výroby a jistič pro odpojení domovního rozvaděče od fotovoltaického systému. Pro měření se používají měřicí transformátory (MTP) nebo Smart meter (SM).

Přidání rozvaděče fotovoltaického systému není vždy podmínkou, ale ve stávajících domovních rozvaděčích často nebývá místo pro potřebné množství jisticích a ovládacích prvků pro FVE.

### 5.2.3 Výkres rozvaděče RH\_FVE

Nedílnou součástí pro výrobu rozvaděče je výrobní dokumentace nebo jeho schématické zapojení. Rozvaděč je vždy navržen individuálně. Záleží i na jeho umístění, zda se nachází ve vlhku, suchu nebo prašnu. Dokumentace zapojení rozvaděče by měla být umístěna poblíž rozvaděče nebo nejlépe přímo v rozvaděči. Aby ten, kdo dělá revizi, případnou údržbu nebo úpravu rozvaděče ji měl k dispozici.

V dokumentaci se nachází jak označení přístrojů, svorek a kabelů tak i jejich zapojení nebo umístění. Rozvaděč RH\_FVE byl navržen a poskládán tak, aby zapojení na místě bylo co nejrychlejší. Na místě se u DC strany zapojí solární kabely do pojistkových odpínačů a pro připojení střídače jsou nachystány svorky. Na AC straně jsou rozvaděče je přívod ze střídače zapojen do dvou trojfázových jističů.

### 5.2.4 Jednopolové schéma

Jednopolové schéma slouží ke zjednodušení nákresu elektrického obvodu, který obsahuje jen jednu vodičovou cestu pro průchod elektrického proudu. Je zde ukázáno propojení všech prvků v jediném obvodu, což umožňuje snadnou orientaci a rychlé pochopení, jak funguje celý systém. V jednopolovém schématu fotovoltaického systému domu se mohou objevit následující prvky: fotovoltaické panely, střídač, baterie, rozvaděče a přístroje v nich, měření výroby, spotřebiče a přípojková skříň.

Přípojková skříň slouží pro připojení objektu k distribuční soustavě. Z přípojkové skříně je přiveden přívod do elektroměrového rozvaděče, ve kterém je zajištěno fakturační měření.

Elektroměrový rozvaděč bude upraven podle podmínek distribuční společnosti EG.D. V elektroměrovém rozvaděči bude přidán vypínač QS1 (MSN-32-3) s označením „Vypínání instalace“. Vypínač QS1 slouží pro bezpečné odpojení od domu při jakékoliv práci s elektroměrem. Dále proběhne příprava pro osazení nového čtyřkvadrantního elektroměru, ovládacího relé a nového hromadného dálkového ovládaní HDO. A také bude natažen kabel CYKY-J 3x1,5 pro dálkovou regulaci zdroje označen RR3.

Do domovního rozvaděče bude přidáno měření výroby, pomocí měřících transformátorů Split Core CT, které jsou součástí balení střídače. Tyhle měřící transformátory jsou instalovány na jednotlivé fázové vodiče a měří proud. Dále jsou spojeny kabelem FTP CAT5E se střídačem, který vyhodnocuje stav jednotlivých fází a řídí podle změřených hodnot dodávaný výkon do jednotlivých fází. Dodávaný výkon střídače do fází se řídí dle jeho nastavení. Měřící transformátory se umísťují před hlavní domovní vypínač. Dále bude přidán jistič QF1 (LTN-32B-3), jistič QF2 (LTN-2B-1 a stykač KM2 (RSI-63-31-A230). Jistič QF1 jistí přívod elektrárny a také slouží pro bezpečné odpojení domovního rozvaděče od dodávky elektrické energie z fotovoltaického systému. Jistič QF2 je pro ovládací napětí cívek stykačů KM2 a KM1. Stykač KM2 má funkci oddělení od sítě při výpadku napětí pro možnost spuštění systému nouzového napájení z baterii (EPS-Emergency power system). V době, kdy není zajištěna

dodávka elektrické energie z distribuční soustavy jsou kontakty stykače rozepnuty a dojde k rozpojení fázových vodičů. Současně dochází na stykači KM2 k sepnutí kontaktů R7 a R8, což přivede napětí na ovládací cívku stykače KM3 a dojde k sepnutí fázových vodičů zálohovaného systému EPS. Ostatní nadproudové ochranné zařízení pro dodávku elektrické energie do elektroinstalace domu zůstanou stávající.

Hlavní rozváděč RH\_FVE je rozdělen na dvě části AC a DC. Na AC straně rozváděče se nachází jako první přepět'ová ochrana FV3 (SLP-275V T2), která chrání střídač před přepětím a poté vypínač QS1 (MSN-32-3), jističe QF1 (LTN-25B-3), QF2 (LTN-2B-1), QF3 (LTN-25B-3) a stykače KM1 (RSI-63-40-A230), KM3 (RSI-63-40-A230). Jistič QF1 slouží pro jištění přívodu ze střídače a pro odpojení střídače od AC strany. Stykač KM1 označený jako bod rozpadu slouží pro regulaci FVE. Regulace je pomocí tím, že na kontakt A1 ovládací cívky stykače KM1 je přivedeno napětí z jističe QF2 z rozvaděče RD a na druhý kontakt A2 je přiveden vodič RR3 z hromadného dálkového ovládaní (HDO). Rozpojení fázových vodičů stykače KM1 je řízeno pomocí HDO. Pokud HDO zaznamená povel pro odpojení FVE, dojde k odpojení vodiče RR3 a tím se přeruší průchod proudu cívku stykače a dojde k odpojení střídače od elektrické sítě.

Pro případ výpadku distribuční sítě je připravena záložní zásuvka. Záložní okruh je spínán stykačem KM3. Proud ovládací cívku stykače KM3 prochází přes rozpínací kontakty stykače KM2. Tohle provázání nedovolí, aby se napětí jakoukoliv neodbornou manipulací dostalo do distribuční sítě. Protože pro sepnutí stykače KM3 musí být stykač KM2 v rozepnuté poloze. A zároveň nedovolí spustit záložní okruh v době kdy je KM2 v sepnuté poloze.

Pro připojení AC strany střídače jsou v rozváděči nachystány jističe QF1 a QF3. Dále pro silové připojení k domovnímu rozvaděči slouží vypínač QS1 a pro ovládací kabel jsou přichystány svorky.

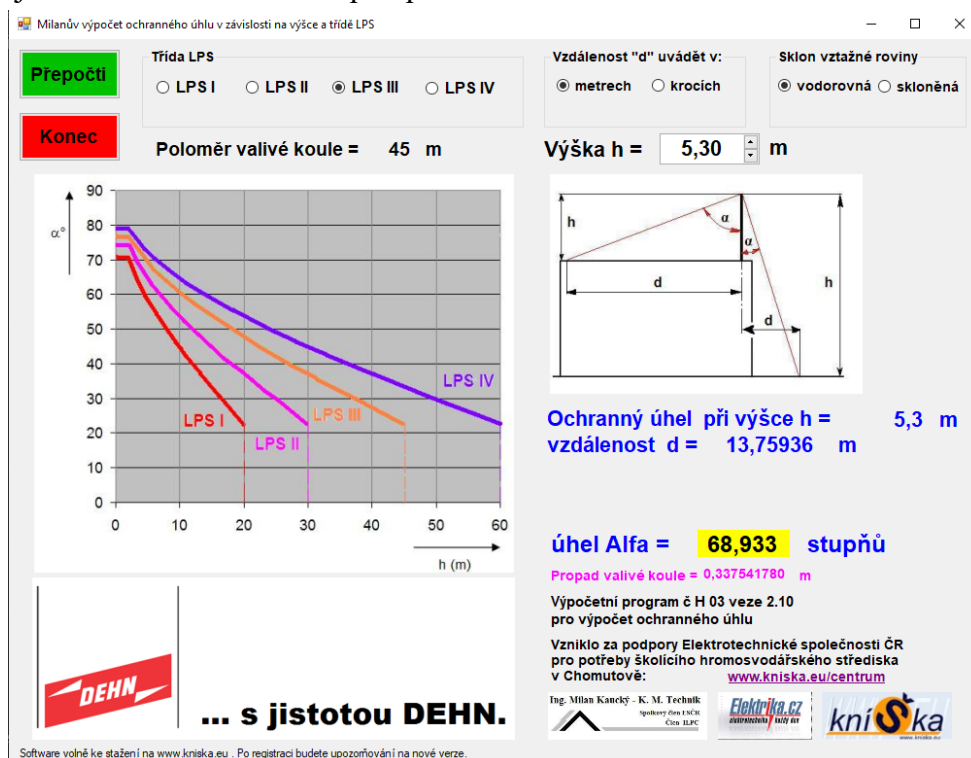
Na DC straně rozváděče přicházejí kabely (2x H1Z2Z2-K 6 mm) od fotovoltaických panelů do pojistkového dvoupólového odpínače FU1 (PFC10 2-p) odkud vedou solární kabely jak na přepět'ovou ochranu FV1 (FLP-PV1000 V/Y) tak do střídače (X3-Hybrid-15.0-D). V pojistkových odpojovačích se nachází 20 A DC pojistky do 1000 V. Dále na DC straně je na přání investora nachystána příprava pro rozšíření fotovoltaického systému. Je zde nachystána přepět'ová ochrana FV2 (SLP-PV500V/U) a pojistkový odpojovač FU2 (PFC10 2-p) a svorky.

## 5.3 Ochrana před bleskem

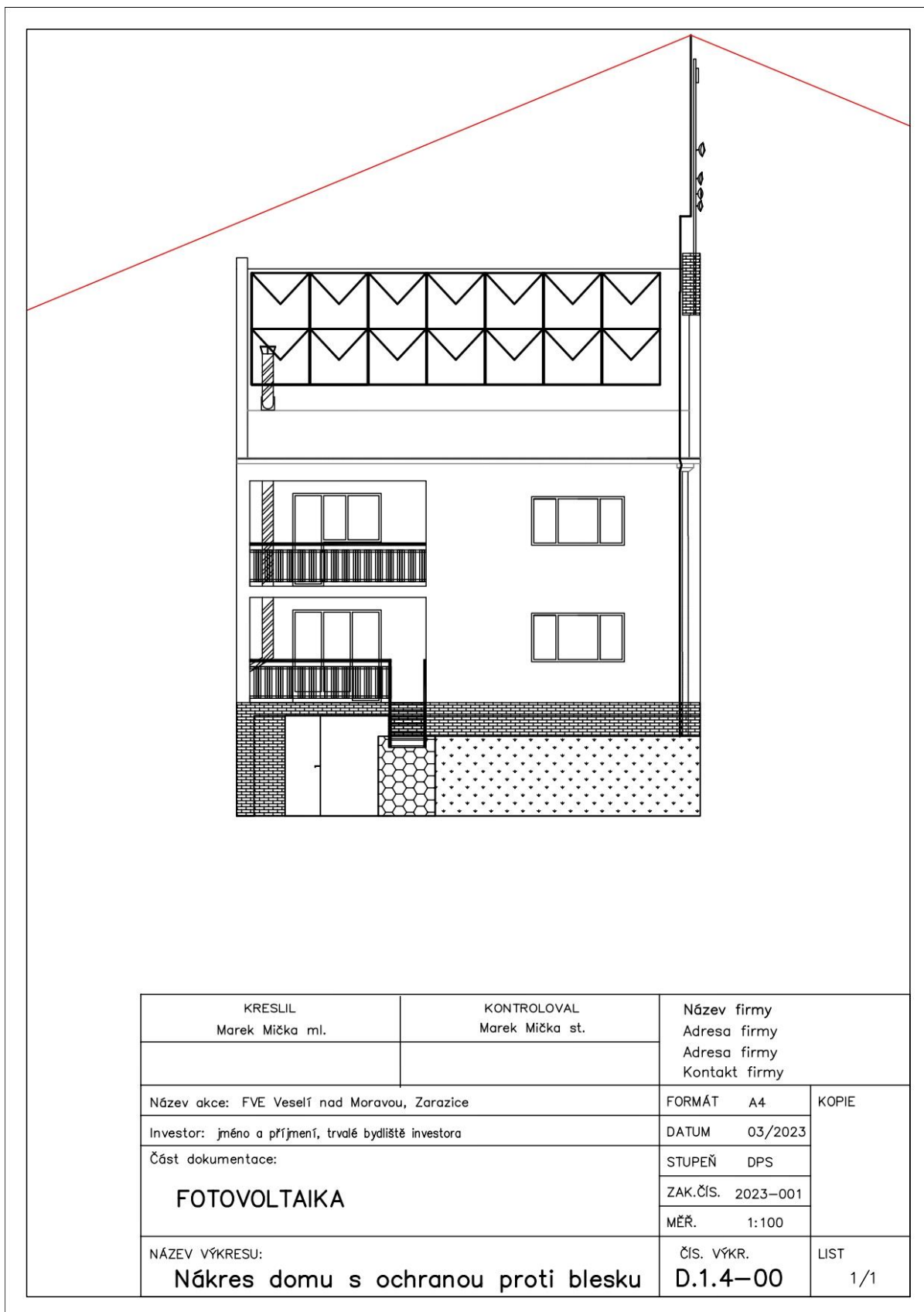
Fotovoltaické panely je potřeba umístit do ochranného úhlu bleskosvodů a dodržet dostatečnou vzdálenost  $S$  od jeho svodů. Požadavek investora bylo umístit na střechu 14 kusů panelů. Stávající ochrana proti blesku zajistí umístění nové technologie do ochranného úhlu, avšak při umístění 14 kusů panelů není možné dodržení dostatečné vzdálenosti  $S$  od částí bleskosvodu. To znamená, že nebude možné zaručit kvalitní ochranu.

Výkres domu s částmi bleskosvodu, byl nakreslen v programu AutoCAD podle změřených skutečných rozměrů domu a bleskosvodu. Na výpočet ochranného úhlu jímací soustavy byl použit volně dostupný program Milanův sw H03.1.10. z webových stránek kniska.eu a výpočet dostatečné vzdálenosti  $S$  byl proveden v programu DEHNSupport.

Dostatečná vzdálenost  $S$  při stávajícím hromosvodu byla vypočtena v nejhorším případě 127 cm což nebylo možné dodržet. Proto bylo navrženo řešení, používané v případech, kdy není možné tuhle vzdálenost dodržet. Podobné jako při instalacích fotovoltaického systému na plechové střeše. Je potřeba veškeré nosné konstrukce panelů vodivě spojit s částí bleskosvodu, aby byla konstrukce uzemněna a snížilo se riziko případu, kdy může bleskový proud nekontrolovatelně přeskočit na nejbližší uzemněný kov. A dále navýšení přepětové ochrany (SPD) v rozvaděči RH\_FVE z typu 2 na typ 1 pro stejnosměrné sítě nízkého napětí při nedodržení dostatečné vzdálenosti.



Obrázek 25: Výpočet ochranného úhlu



Obrázek 26: Nákres domu s ochranou proti blesku

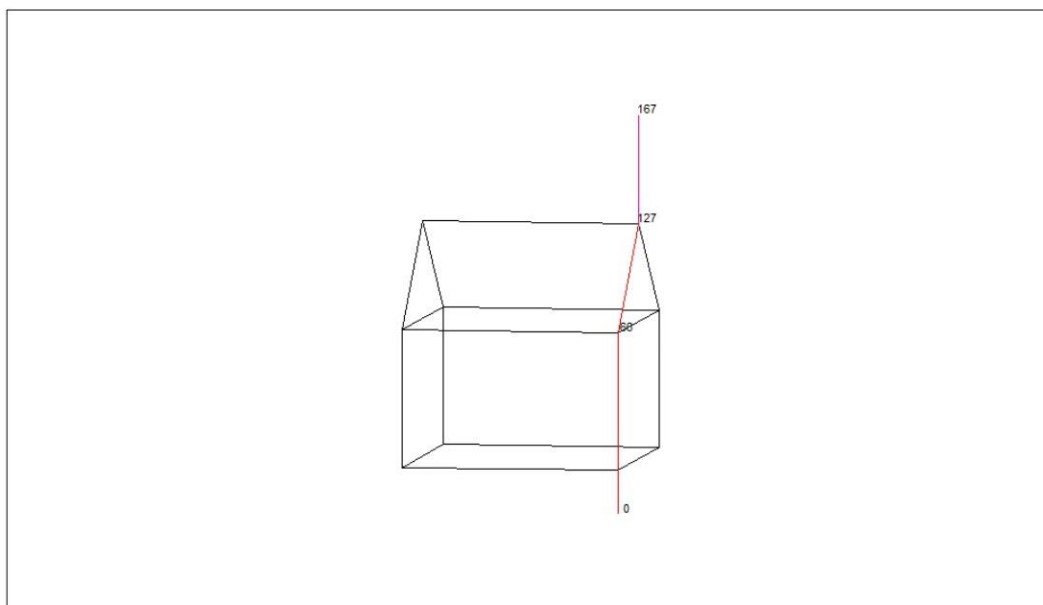
## Výpočet dostatečné vzdálenosti

Datum: 30.3.2023

Provedeno dle mezinárodní normy: ČSN EN 62305-3:2012-01  
Číslo zákazníka/projektu.: 00018 / 03/024

### Projektant/montážní firma:

Společnost:  
Název:  
Ulice:  
PSČ:  
Telefon:



Aktuální zobrazení: Celková stavba (3D)  
Údaje o dostatečné vzdálenosti v cm

### Zákazník/objednatel:

Číslo zákazníka:  
Jméno:  
Ulice:  
PSČ:

### Údaje pro výpočet:

Volba třídy ochrany před bleskem: III  
Proudové zatížení: 100 kA  
 $k_M$  - Izolační hodnota km: 0.5  
Uroveň potenciálu: -2 m

### Projekt:

Číslo projektu:  
Název projektu:  
Ulice:  
PSČ:

Verze DEHN Distance Tool 20/31 (3.150); © Copyright 2019 DEHN SE + Co KG

Obrázek 27: Výpočet dostatečné vzdálenosti S

## 5.4 Realizace fotovoltaického systému

### 5.4.1 Rozměření umístění technologie

Změření vzdáleností pro umístění technologie jak pro projektovou dokumentaci, tak i při realizaci.



Obrázek 28: Změření výšky hromosvodu pro PD



Obrázek 29: Rozměření umístění technologie

#### 5.4.2 Technická místnost

Do technické místnosti byl umístěn rozvaděč RH\_FVE, hybridní střídač a 4 kusy baterií. Kabley pro napojení technologie jsou vedeny v elektroinstalačních plastových lištách ve vodorovných trasách při stropu a ve svislých trasách k technologii.



Obrázek 30: Technická místnost před instalací technologie



Obrázek 31: Technická místnost při instalaci technologie



Obrázek 32: Technická místnost s instalovanou technologií



Obrázek 33: Rozvaděč RH\_FVE

### 5.4.3 Zemnicí tyče

Před dům byl vyveden zemnicí drát FeZn, který je připojen k zemnicím tyčím. To slouží pro uzemnění ekvipotencionální svorkovnice, ve které je uzemněna technologie. Zemní odpor bude kontrolován při revizi revizním technikem.



Obrázek 34: Vyvedení drátu FeZn k zemnicím tyčím



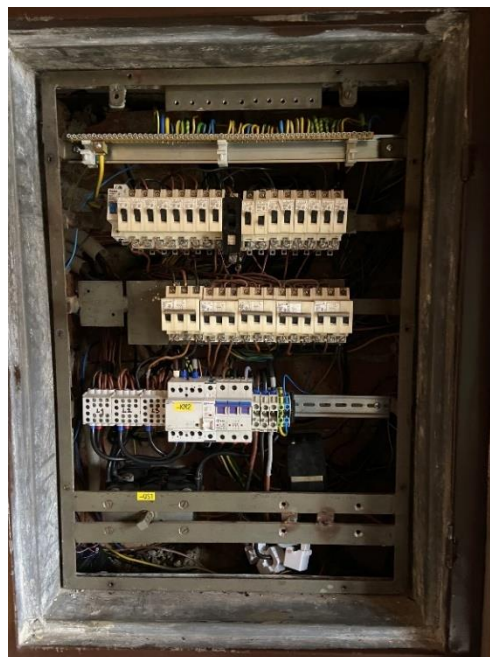
Obrázek 35: Napojení zemnicího drátu k zemnicím tyčím

#### 5.4.4 Doplnění domovního rozváděče RD

Do domovního rozváděče byla doplněna potřebná technologie pro bezpečný provoz fotovoltaického systému.



Obrázek 36: Domovní rozvaděč RD před doplněním technologie



Obrázek 37: Domovní rozvaděč RD s doplněnou technologií



Obrázek 38: Zakrytý domovní rozvaděč RD



Obrázek 39: Domovní rozvaděč RD

#### 5.4.5 Střecha

Na střechu bylo položeno 14 kusů fotovoltaických panelů, před položením fotovoltaických panelů bylo potřeba demontování televizní antény a zaslepení střešních oken. Střešní okna byla přesunuta na druhou stranu střechy.



Obrázek 40: Střecha před instalací fotovoltaických panelů



Obrázek 41: Střecha s fotovoltaickými panely

## 5.5 Technická zpráva

Technická zpráva je důležitou součástí projektové dokumentace. Obsahuje důležité informace o realizaci elektroinstalace. Je rozdělena do několika částí. Hlavním cílem je zajistit bezpečnost a funkčnost elektroinstalace v souladu s platnými normami a předpisy.

Technická zpráva musí být vypracována s pečlivostí a detailností, aby byla účinným nástrojem pro řízení projektu nebo následnou revizi. Je proto vhodné věnovat značnou pozornost nejen obsahu, ale i formě této zprávy.

Technická zpráva je zásadní dokumentace, která je přikládána reviznímu techniku pro vypracování revizní zprávy.

# Technická zpráva

Obsah:

1. Úvod
2. Základní technické informace
3. Vnější vlivy
4. Ochrana před úrazem el. proudem
5. Napojení na rozvod elektrické energie
6. Popis řešení elektroinstalace FVE
7. Uložení kabelů
8. Rozvaděče
9. Závěr

### 1. Úvod

Předložená dokumentace pro provedení stavby řeší napojení systému fotovoltaické elektrárny v rámci projektu a názvem: FVE Veselí nad Moravou, Zarazice 9,1 kWp. Tato dokumentace bude přiložena k revizi elektrických zařízení. Účelem dokumentace je elektroinstalace pro napojení fotovoltaické elektrárny (FVE) do domovních rozvodů a paralelní napojení do distribuční sítě. Rozsah projektové dokumentace: elektroinstalace v objektu, umístění FV panelů, dokumentace rozvaděče RH\_FVE a jednopólové schéma.

## 2. Technické a provozní údaje

Prívod z přípojkové skříně do RE:	Stávající
Prívod z RE do RH:	Stávající
Elektroinstalace v domě:	3/N/PE AC 400/230V 50Hz, TN-C-S 1/N/PE AC 400/230V 50Hz, TN-C-S
Elektroinstalace FVE:	2=1000V DC, IT 3/N/PE AC 400/230V 50Hz, TN-C-S 1/N/PE AC 230V 50Hz, TN-C-S
Stupeň dodávky el. energie:	3. stupeň
Hlavní jistič před elektroměrem:	3x32A char.B
Celkové Pi objektu:	Stávající
Měření el. energie:	Měření el. energie bude přímé pomocí dvousazbového elektroměru vč. sazbového přijímače HDO. Hl. jistič před elektroměrem 3x32A char. B, jistič před HDO 1x2A, char. B

## 3. Vnější vlivy

V objektu jsou prostory určeny jako:	Normální.
Venkovní jsou určeny jako:	AA4, AB4, AC1, AD2, AE1, AF1, AG1, AH1, AK1, AL1, AM1, AN2, AP1, AQ2, BA5, BC2, BD1, BE1, CA1, CB1

## 4. Ochrana před úrazem el. proudem podle ČSN 33 2000-4-41 ed.2

základní:	Automatickým odpojením od zdroje jističi
doplňková:	Doplňujícím pospojováním

## 5. Napojení na rozvod elektrické energie

Napojení objektu na přívod elektrické energie je provedeno z elektroměrového rozvaděče RE osazeného ve výklenku u vchodu do objektu. V projektu je uvažováno s elektroměrovým rozvaděčem splňujícím přípojovací podmínky EG.D. Hlavní jistič před elektroměrem v elektroměrovém rozvaděči bude dle SoP 3x32A char. B a jistič před HDO 1x2A char. B. Napojení hlavního rozvaděče objektu zůstává stávající. Nově bude vyveden z elektroměrového rozvaděče kabel CYKY-J 3x1,5 označen jako RR3 pro řízení FVE dle požadavků distribuční společnosti.

## 6. Popis řešení elektroinstalace FVE

Fotovoltaická elektrárna se skládá z 14ks fotovoltaických panelů monokrystalických panelů Lepton Energy LP210-M-66-MH650W v 1 stringu. Instalovaný výkon je 9,1 kWp. Dále je elektrárna tvořena jedním hybridním střídačem Solax X3-Hybrid-15.0-D a čtyřmi kusy baterií T-BAT H 5.8/5.8kWh s celkovou kapacitou 23,2kWh.

FV string je připojen přes DC dvoupólový odpojovač k třífázovému střídači Solax X3-Hybrid-15.0-D s bateriovým uložištěm 4x T-BAT H 5.8/5.8kWh. Velikost napětí v DC stringu při maximálním zatížení je uvažováno maximálně 1000 V DC.

Propojení panelů a kabelová trasa k rozvaděči RH\_FVE je provedeno vodiči 2xH1Z2Z2-K 6 mm. Kabely jsou vedeny ze střechy stupačkou v UV odolné elektroinstalační chrániče.

### Parametry FV panelů:

Typ:	Monokrystalický
Rozměry:	2384x1303x35mm
Váha:	32 kg
Konektor:	MC4 kompatibilní
Maximální výkon (Pmax):	650 W
Napětí otevřeného obvodu (VOC):	45,58 V
Zkratový proud (ISC):	18,16 A
Napětí při maximálním výkonu (Ump):	37,61 V
Proud při maximálním výkonu (Imp):	17,28 A
Účinnost:	20,92%
Maximální systémové napětí:	1500 V DC

#### Parametry střídače:

Typ:	Hybridní
Jmenovitý činný výkon:	15000VA
Min účinnost (EU):	97,7%
Životnost:	záruka výrobce či dodavatele trvajících min. 10 let na jeho bezodkladnou výměnu v případě adekvátní náhrady v případě poruchy nebo poškození.
Plnění norem:	IEC62109-1/IEC62109-2 normy řady EN 61000-6-1/2/3 VDE 0126-1-1 A1:2012 / VDE-AR-N 4105 / G98 / G99/ AS4777 / EN 50549 / CEI 0-21

#### Parametry bateriového uložště:

Jmenovité napětí:	115,2 V
Provozní napětí:	100-131V
Jmenovitá kapacita:	5,8 kWh
Využitelná kapacita:	5,2 kWh
Využitelná energie:	11.0kWh
Max. Nabíjecí/vybíjecí proud:	35A
Doporučený nabíjecí/vybíjecí proud:	25A
Standartní výkon:	2,9 kW
Maximální výkon:	4,0 kW
Záruka:	10 let
Životnost cyklu 90 %:	6000 cyklů

#### Ovládání FVE

Blokování výroby elektrárny ze strany distributora je prováděno pomocí HDO. Ovládání FVE v podobě 0 % nebo 100 % jmenovitého výkonu je prováděno pomocí HDO v rozvaděči RE s přímou vazbou na rozpadové místo (stykač KM1) v rozvaděči RH\_FVE.

#### Ochrana proti přepětí

AC i DC strana je chráněna pomocí svodičů přepětí. Konstrukce pro montáž FVE panelů a fotovoltaické panely jsou umístěny v ochranném prostoru jímací soustavy hromosvodu budovy, aby bylo zabráněno přímému úderu blesku. Při instalaci nebylo možné dodržet dostatečnou vzdálenost S dle ČSN 62305-3 ed.2 mezi jímací soustavou a fotovoltaickými panely.

## 7. Uložení kabelů

Kabely jsou uloženy ve svislých a vodorovných trasách v elektroinstalačních lištách, nebo plastových elektroinstalačních chráničkách.

## 8. Rozvaděče

### Elektroměrový rozvaděč (RE)

Elektroměrový rozvaděč zůstává stávající, pouze byla provedena úprava dle požadavků distributora pro ovládní FVE a odpojení elektroměru od elektroinstalace domu.

### Domovní rozvaděč (RD)

Domovní rozvaděč zůstává stávající, pouze byla provedena úprava pro bezpečný provoz fotovoltaického systému. Do rozvaděče byly přidány měřicí transformátory střídače, stykač pro bezpečné odpojení elektroinstalace domu od distribuční sítě, jistič pro ovládní napětí cívek stykačů KM2 a KM1 a jistič pro napojení rozvaděče RH\_FVE.

### Rozvaděč FVE (RH\_FVE)

Jedná se o nový rozvaděč v objektu umístěný v m.č. 002. Rozvaděč je napojen z rozvaděče RD. V rozvaděči jsou osazeny prvky AC i DC strany fotovoltaické instalace. Na straně DC se nachází pojistkové odpojovače a přepět'ová ochrana a na straně AC jističí, ovládní prvky a přepět'ová ochrana.

## 10. Závěr

Dokumentace byla zpracována podle platných norem ČSN a to zejména:

ČSN 33 2000-1 ed.2	Zákl. hlediska, stanovení zákl. charakteristik, definice
ČSN 33 2000-4-41 ed.3	Ochrana před úrazem el. proudem
ČSN 33 2000-4-43 ed.2	Ochrana před nadproudy
ČSN 33 2000-5-51 ed.3	Elektrická instalace nn – výběr a stavba el. zařízení
ČSN 33 2000-5-52 ed.2	Výběr a stavba elektrických zařízení – elektrická vedení
ČSN 33 2000-5-54 ed.3	Uzemnění a ochranné vodiče
ČSN 33 2000-6 ed.2	Elektrická instalace nn – revize
ČSN 33 2130 ed.3	Elektrické instalace nn – vnitřní elektrické rozvody
ČSN EN 62 305, ed.2	Ochrana před bleskem
ČSN 33 2000-7-712 ed.2	Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech – Fotovoltaické (PV) systémy

V Brně, duben 2023

Vypracoval: Marek Mička

## **5.6 Uvedení výroby do provozu**

Pro uvedení fotovoltaické elektrárny do provozu je potřeba projít procesem umožnění trvalého provozu (UTP). Pro tenhle proces je potřeba podat žádost o UTP spolu s dalšími dokumenty.

Dokumenty, které se přikládají jsou následující. Vyjádření realizační firmy, kde je potvrzení firmy, která provedla instalaci, že instalace byla provedena v souladu s SoP. Revizní zpráva výrobní prokazující, že je schopna bezpečného provozu. V revizní zprávě nesmí chybět potvrzení, že instalace je provedena podle projektové dokumentace. Dokument výrobního modulu podle instalovaného příkonu a nakonec jednopólové schéma.

Po odsouhlasení zaslané žádosti UTP s potřebnou dokumentací je zákazníkovi vystaveno konečné provozní oznámení (KPO) a bude provozovatelem distribuční soustavy vyměněn elektroměr.

## 6. ZÁVĚR

Tahle bakalářská práce se zabývala problematikou týkající se fotovoltaické elektrárny rodinného domu. Jejím cílem bylo seznámení s používanou topologií fotovoltaického systému, určením správného účelu FV systému, seznámením s normativními požadavky na jeho instalaci, základním okruhem problémů při návrhu ochrany před bleskem a obeznámením s podmínkami distribučních společností pro jeho paralelní připojení do distribuční sítě a vypracováním projektu s jeho následnou realizací.

V první části se zaměřovala na různé varianty fotovoltaických systémů, rozdíly mezi solárními panely a střídači a možnosti akumulace energie.

Ve druhé části jsou shrnuty základní normativní požadavky pro fotovoltaické elektrárny u rodinných domů, týkajících se bezpečnosti, kabelů, DC a AC strany a hromosvodu s uzemněním. V následující kapitole jsou uvedeny požadavky na ochranu před bleskem, kde je popsáno dělení ochrany a různé postupy metody pro návrh ochrany proti blesku a umístění fotovoltaických panelů do ochranného úhlu bleskosvodu. Poslední kapitola druhé části zahrnuje požadavky distribučních společností pro paralelní připojení domácích FV systémů, kde jsou nároky na výzbroj elektroměrového rozváděče a rozpadového místa.

Závěrečná třetí část je věnována procesem realizace FV systému. Začíná potřebným podáním žádosti o připojení povolení připojení výroby, vypracováním projektové dokumentace a instalací potřebné technologie.

Při vypracovávání projektové dokumentace byly nejdříve vytvořeny půdorysy, do kterých byly zakresleny trasy kabelů a rozmístění technologie. Dále byla zpracována výrobní dokumentace rozváděče FVE a jednopólové schéma. Celá instalace byla popsána v technické zprávě, která bude sloužit i s ostatní dokumentací jako podklady pro revizního technika při revizi instalace. Všechny části projektové dokumentace jsou doloženy v příloze.

## LITERATURA

- [1] QUASCHNING, Volker. Obnovitelné zdroje energií. Praha: Grada, 2010. Stavitel. ISBN 978-80-247-3250-3.
- [2] VŠE O FOTOLTAICE. In: DEK SOLAR [online]. [cit. 2022-11-20]. Dostupné z: <https://deksolar.cz/vse-o-fotovoltaice/>
- [3] Hybridní solární elektrárna: zelená energie. Www.eon.cz [online]. [cit. 2022-11-20]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/zelena-energie/solarni-energie/co-je-to-hybridni-solarni-elektrarna/>
- [4] Monokrystalické panely: Fotovoltaické panely. Www.sticka.cz [online]. [cit. 2022-11-20]. Dostupné z: <http://www.sticka.cz/kategorie/fotovoltaicke-panely/monokrystalicke-panely/>
- [5] Polykrystalické panely: Fotovoltaické panely. Www.sticka.cz [online]. [cit. 2022-11-20]. Dostupné z: <http://www.sticka.cz/kategorie/fotovoltaicke-panely/polykrystalicke-panely/>
- [6] Monokrystalický panel. In: Www.kfsolar.com [online]. [cit. 2022-11-20]. Dostupné z: <https://www.kfsolar.com/product/monocrystalline-solar-panel-360w>
- [7] Polykrystalický panel. In: Www.solar-eshop.cz [online]. [cit. 2022-11-20]. Dostupné z: <https://www.solar-eshop.cz/p/fv-panel-amerisolar-295wp/>
- [8] Porovnání panelů. Www.solarreviews.com [online]. [cit. 2022-11-20]. Dostupné z: <https://www.solarreviews.com/blog/pros-and-cons-of-monocrystalline-vs-polycrystalline-solar-panels>
- [9] Monokrystalické a polykrystalické panely. Www.abctech.cz [online]. [cit. 2022-11-20]. Dostupné z: <https://www.abctech.cz/default.asp?show=wm&wmpart=article&wmaid=99>
- [10] Tenkovrstvé panely. Www.eshop.terms.eu [online]. [cit. 2022-11-20]. Dostupné z: <http://eshop.terms.eu/cz/e-shop/c68831/tenkovrstve-panely.html>
- [11] Strídače. Www.wattcontrol.cz [online]. [cit. 2022-11-20]. Dostupné z: <https://www.wattcontrol.cz/stridace/>

- [12] Symetrický nebo asymetrický střídač. Www.schlieger.cz [online]. [cit. 2022-11-20]. Dostupné z: <https://www.schlieger.cz/radce/symetricky-nebo-asymetricky-stridac/>
- [13] Symetrický nebo asymetrický střídač. Www.schlieger.cz [online]. [cit. 2022-11-20]. Dostupné z: <https://www.schlieger.cz/radce/symetricky-nebo-asymetricky-stridac/>
- [14] Výkonové optimizéry. Www.solarity.eu [online]. [cit. 2022-11-20]. Dostupné z: <https://solarity.eu/cs/blog/recenze-vykonove-optimizery-solaredge-vs-tigo/>
- [15] Fotovoltaický ohřev vody. In: Eshop.neosolar.cz [online]. [cit. 2022-12-26]. Dostupné z: <https://eshop.neosolar.cz/fotovoltaicky-ohrev-vody-okfe-100l-1kwp>
- [16] ČSN 33 2000-7-712 ED.2. Elektrické instalace nízkého napětí – Část 7-712: Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech – Fotovoltaické (PV) systémy. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016.
- [17] DŘÍNOVSKÝ, PH.D., Ing. Jiří, doc. Ing. Tomáš FRÝZA, PH.D., Ing. Václav RŮŽEK a Ing. Jiří ZACHAR. ELEKTROMAGNETICKÁ KOMPATIBILITA [online]. 2017 [cit. 2022-12-21]. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií Ústav radioelektroniky, Technická 12, 616 00 Brno.
- [18] ČSN EN 62305-1 ED.2 Ochrana před bleskem – Část 1: Obecné principy. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [19] KLIMŠA, David. Vnější a vnitřní ochrana před bleskem. 2., aktualiz. vyd. Praha: IN-EL, 2014. Elektro (IN-EL). ISBN 978-80-86230-98-6.
- [20] Ing. Jiří Kutáč. LPS podle nového souboru norem ČSN EN 62305 (část 2). In: <http://www.odbornecasopisy.cz> [online]. [cit. 2022-12-21]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/lps-podle-noveho-souboru-norem-csn-en-62305-cast-2--12757>
- [21] Hromosvody. In: Www.elektrotech.cz [online]. [cit. 2022-12-21]. Dostupné z: <https://www.elektrotech.cz/hromosvody>
- [22] HÁJEK, Jan a Dalibor ŠALANSKÝ. Knížka 2.1. In: Www.kniska.eu [online]. [cit. 2022-12-21]. Dostupné z: [https://www.kniska.eu/kniska/kniska\\_2.1-1](https://www.kniska.eu/kniska/kniska_2.1-1)

[23] PROCHÁZKA, Radek. OCHRANA PŘED BLESKEM: Projektování v elektroenergetice [online]. 2010/11 [cit. 2022-11-29]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/16949314-Ochrana-pred-bleskem-radek-prochazka-prochazka-fel-cvut-cz-projektovani-v-elektroenergetice-zs-2010-11.html>

[24] NÁVRH HROMOSVODNÍ OCHRANY DLE SOUBORU NOREM ČSN EN 62305 [online]. In: . [cit. 2022-12-21]. Dostupné z: [https://www.dashofer.cz/download/pdf/tzb\\_ukazka.pdf](https://www.dashofer.cz/download/pdf/tzb_ukazka.pdf)

[25] Požadavky na umístění, provedení a zapojení měřicích souprav u zákazníků a malých výroben s připojovaným výkonem do 250 kW připojených k elektrické síti nízkého napětí. In: Www.egd.cz [online]. [cit. 2023-01-03]. Dostupné z: [https://www.egd.cz/sites/default/files/2022-07/egd\\_2022\\_pripojovaci\\_podminky.pdf](https://www.egd.cz/sites/default/files/2022-07/egd_2022_pripojovaci_podminky.pdf)

[26] Připojovací podmínky pro výrobní elektrárny. In: Www.cezdistribuce.cz [online]. [cit. 2023-01-03]. Dostupné z: <https://www.cezdistribuce.cz/webpublic/file/edee/distribuce/pripojovacipodminkyvyrobny.pdf>

[27] MM 501. TECHNICKÉ PODMÍNKY PŘIPOJENÍ ČÁST A – OBCHODNÍ MĚŘENÍ. Podniková norma PREdi, PREm, PREzak, 2021.

[28] PN MM 501 SP. Schémata zapojení přímého měření. Č.2. Podniková norma PREdi, PREm, PREzak, 2022.

## SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratky:

AC	Střídavé napětí (Alternate Current)
DC	Stejnoseměrný proud (Direct Current)
BMS	Battery Management Systém
HDO	Hromadné dálkové ovládání
HVI vodič	Vodič s vysokonapěťovou izolací
LPL	Hladina ochrany před bleskem (Lightning Protection Level)
LPS	Systém ochrany před bleskem (Lightning Protection System)
MPP Tracker	Sledovač bodu maximálního výkonu (Maximum Power Point Tracking)
PV	Fotovoltaický (PhotoVoltaic)
RCD	Proudový chránič
SMP	Ochrana pro snížení rizika poruchy vnitřních systémů
SPD	Přepět'ová ochrana

Symboly:

$U$	napětí	(V)
$I$	proud	(A)
$t$	teplota	(°C)
$P$	výkon	(W)
-	nominální výkon fotovoltaických panelů	(Wp)
$l$	délka	(m)
$\alpha$	úhel	(°)
$S$	dostatečná vzdálenost	(m)
$K_i$	koeficient podle třídy LPS	(-)
$K_m$	koeficient materiálu elektrické izolace	(-)
$k_c$	koeficient proudu blesku tekoucí jímači a svody	(-)
$\varnothing$	průřez	(m <sup>2</sup> )
$R$	odpor	( $\Omega$ )

## **SEZNAM PŘÍLOH**

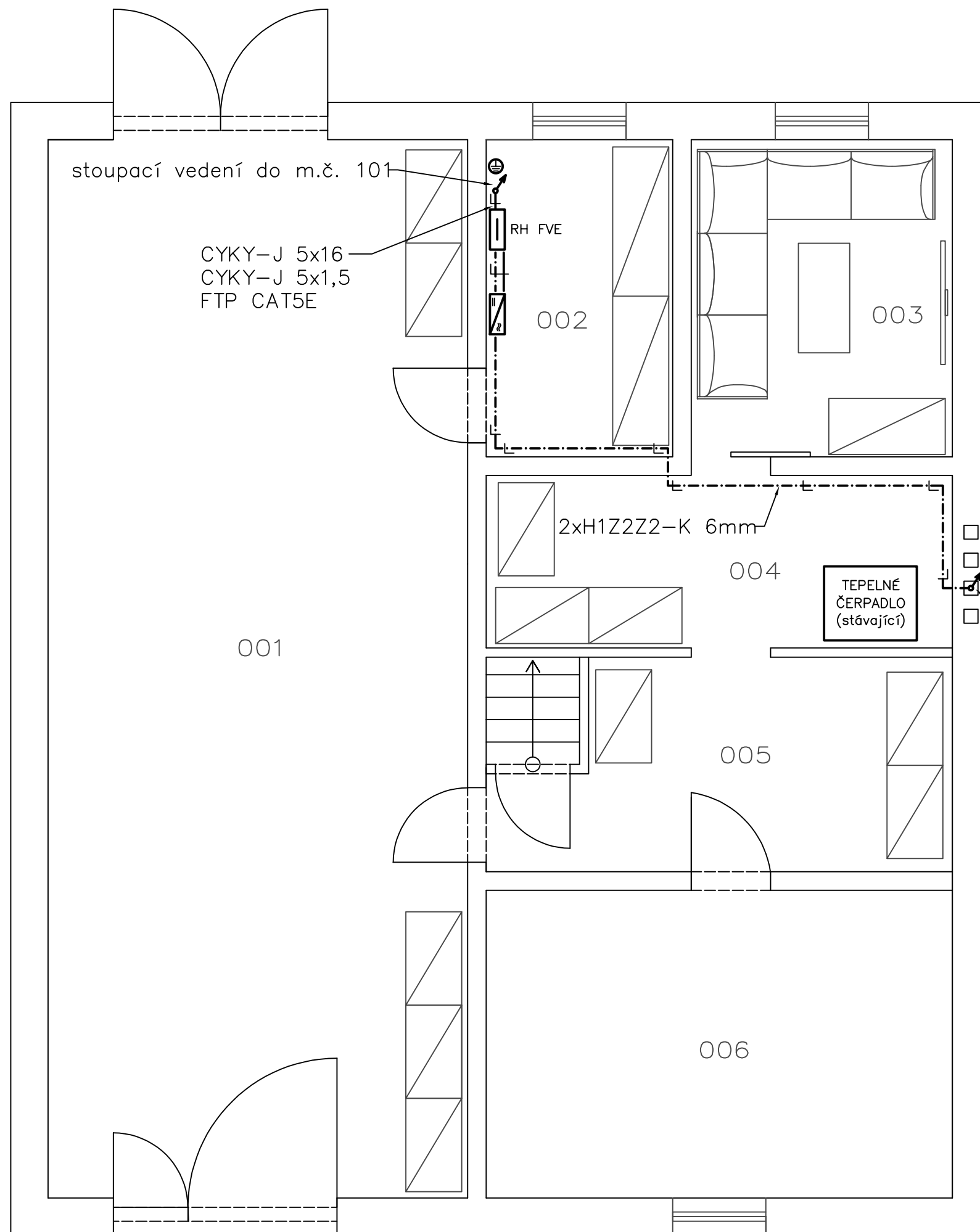
**PŘÍLOHA A – D.1.4-02 ELEKTROINSTALACE 1.PP**

**PŘÍLOHA B – D.1.4-03 ELEKTROINSTALACE 1.NP**




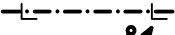


**PŘÍLOHA C – D.1.4-04 ELEKTROINSTALACE STŘECHY**

**PŘÍLOHA D – D.1.4-05 ROZVADĚČ RH\_FVE**

**PŘÍLOHA E – D.1.4-06 JEDNOPÓLOVÉ SCHÉMA**



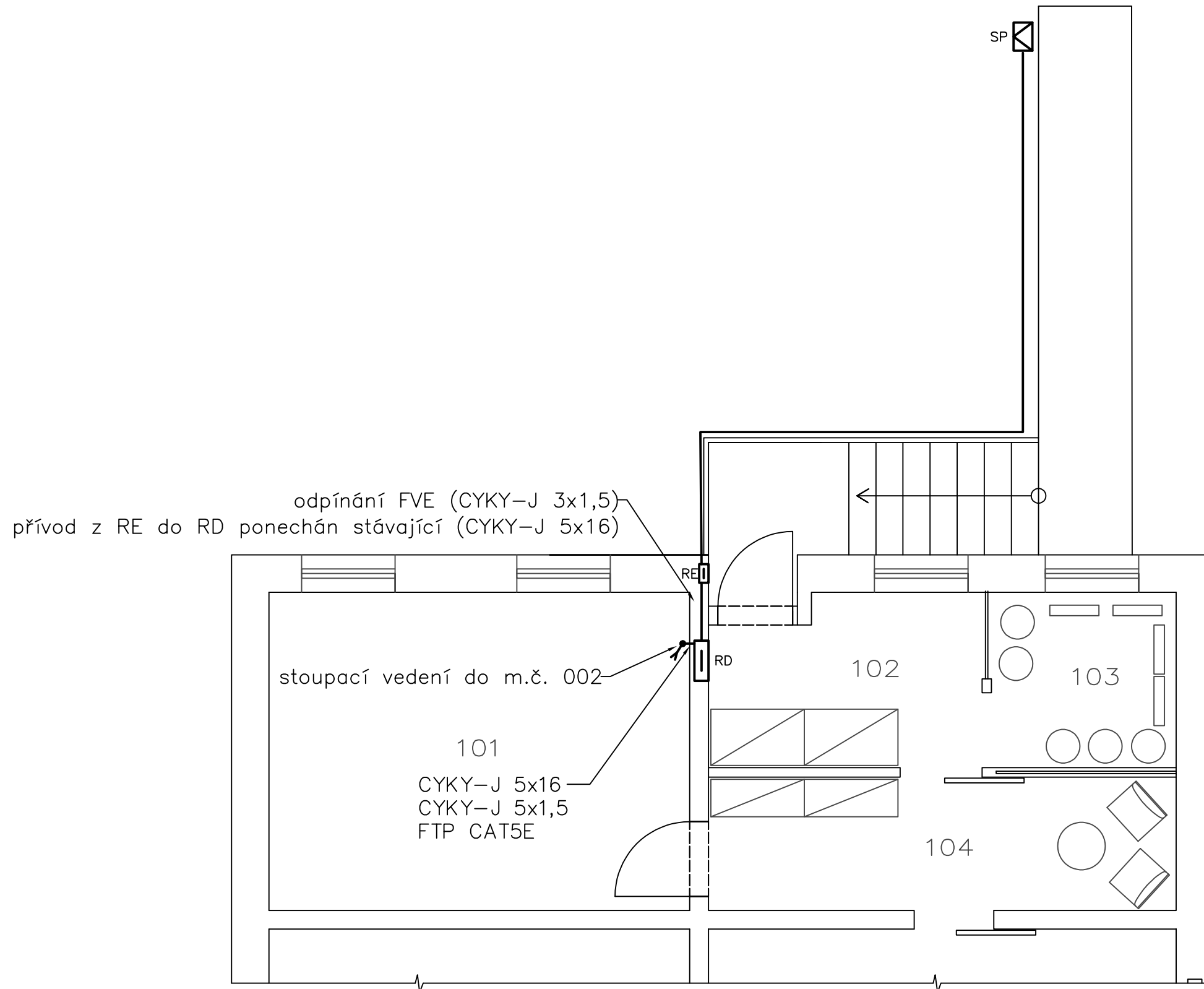
### LEGENDA PRVKŮ

- RH FVE  Hlavní rozvaděč fotovoltaického systému
-  Střídač (X3-Hybrid-15.0-D) + 4xbaterie (T-BATH 5.8kWh)
-  AC rozvody vedeny v liště (CYKY-J)
-  DC rozvody vedeny v liště (H1Z2Z2-K 6mm)
-  Stoupací vedení
-  Ekvipotencionální svorkovnice

### LEGENDA MÍSTNOSTÍ

ozn.	název místnosti	rozloha [m <sup>2</sup> ]
001	garáž	51,1
002	spíž	6,8
003	odpočinková místnost	9,5
004	chodba	9,3
005	chodba	10,1
006	prádelna	16,5

KRESLIL Marek Mička	KONTROLOVAL -	Název firmy Adresa firmy Adresa firmy Kontakt na firmu
Název akce: FVE Veselí nad Moravou, Zarazice		FORMÁT A3 KOPIE
Investor: jméno a příjmení, trvalé bydliště investora		DATUM 03/2023
Část dokumentace:		STUPEŇ DPS
<b>FOTOVOLTAIKA</b>		ZAK.ČÍS. 2023-001
		MĚŘ. 1:50
NÁZEV VÝKRESU: <b>Elektroinstalace 1.PP</b>		ČÍS. VÝKR. <b>D.1.4-02</b> LIST 1/1



### LEGENDA PRVKŮ


SP		Přípojková skříň (stávající)
RD		Domovní rozvaděč (stávající)
		Hlavní přívod do objektu (stávající)
		AC rozvody (CYKY-J)
		Stoupací vedení


### LEGENDA MÍSTNOSTÍ

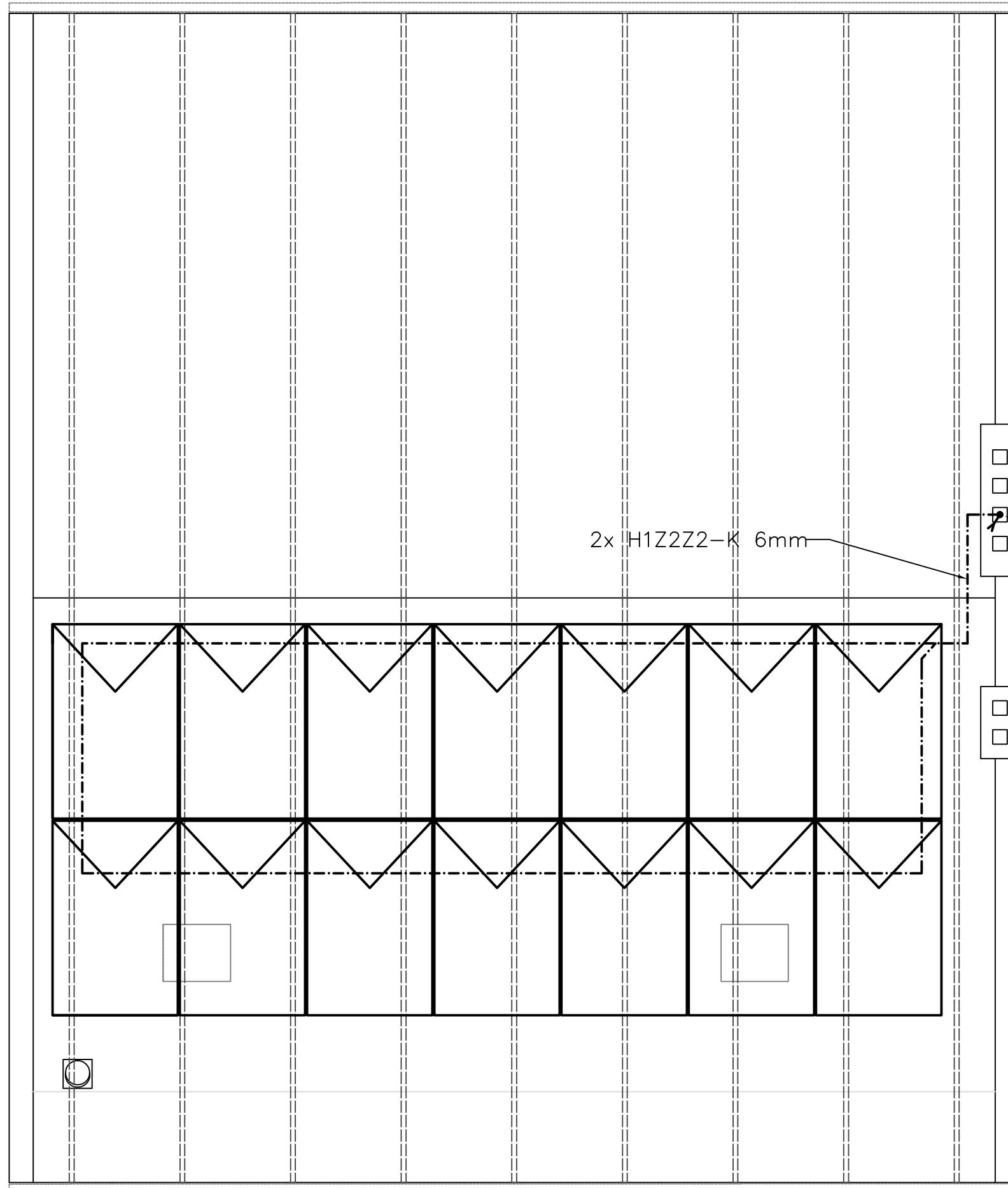
ozn.	název místnosti	rozloha [m <sup>2</sup> ]
101	ložnice	15,3
102	předsíň	6,8
103	zimní zahrada	9,5
104	chodba	9,3

KRESLIL Marek Mička	KONTROLOVAL -	Název firmy Adresa firmy Adresa firmy Kontakt na firmu
Název akce: FVE Veselí nad Moravou, Zarazice		FORMÁT A3
Investor: jméno a příjmení, trvalé bydliště investora		DATUM 03/2023
Část dokumentace:		STUPEŇ DPS
<b>FOTOVOLTAIKA</b>		ZAK.ČÍS. 2023-001
		MĚŘ. 1:50
NÁZEV VÝKRESU: <b>Elektroinstalace 1.NP</b>		ČÍS. VÝKR. <b>D.1.4-03</b>
		LIST 1/1

## LEGENDA PRVKŮ

----- DC rozvody vedeny (H1Z2Z2-K 6mm)  
 Stoupací vedení

 FV panel na přichytné konstrukci na střeše  
 Rozměry 2384 x 1303 x 35 mm  
 String S1 (počet panelů 14ks)

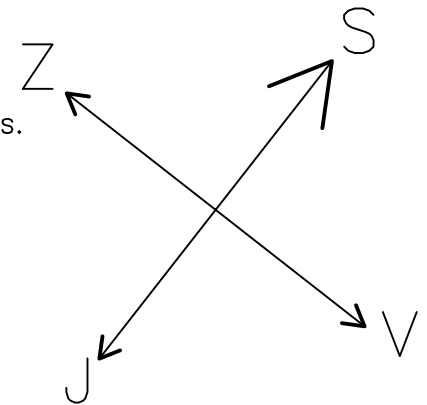


Katastrální území: Zarazice [780804]  
 Nadmořská výška: 176 m.n.m  
 Sněhová oblast: I, 0,7 kPa  
 Větrná oblast: III, 27,5 m/s

stoupací vedení do m.č. 004,  
 vedeno v UV stabilní chrániče KOPOFLEX 40 KF

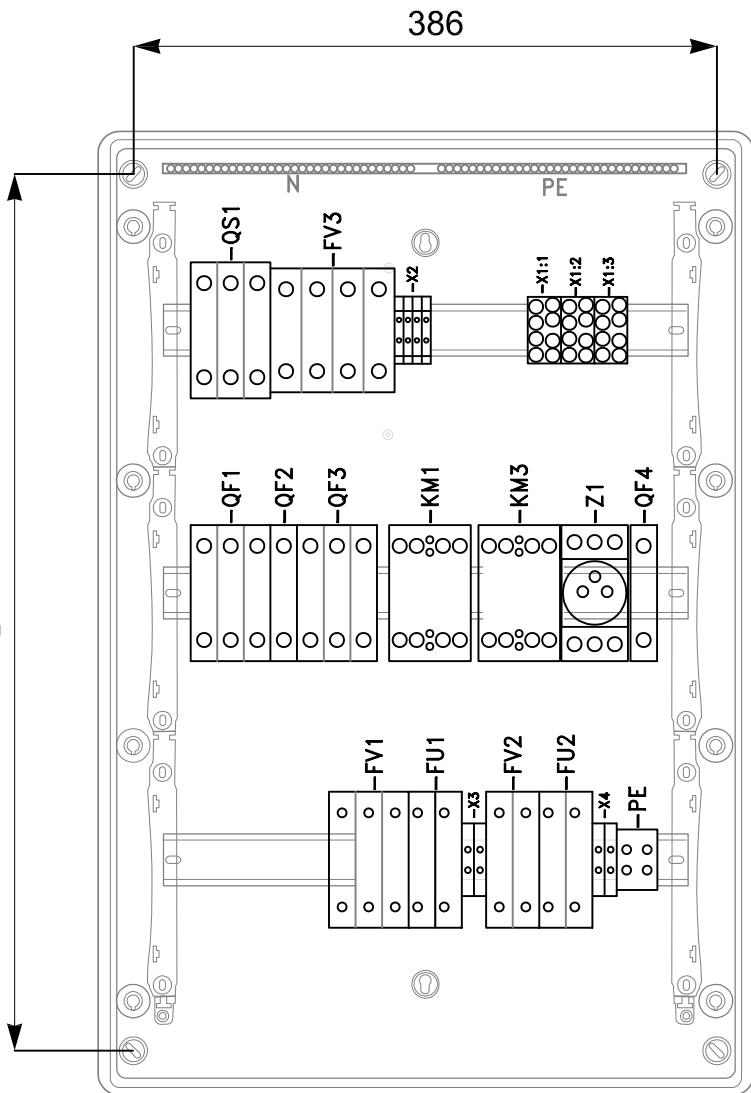
### POZNÁMKA:

Střešní krytina tvořena z betonových tašek  
 V řešené části je střecha se spádem 32°  
 Panely osazeny rovnoběžně se střechou (sklon 32°)  
 Orientace panelů: jiho-východ (142°)  
 Celkový počet FV panelů na střeše řešené části 14 ks.



KRESLIL Marek Mička	KONTROLOVAL -	Název firmy Adresa firmy Adresa firmy Kontakt na firmu
Název akce: FVE Veselí nad Moravou, Zarazice		FORMÁT A3 DATUM 03/2023 STUPEŇ DPS ZAK.ČÍS. 2023-001 MĚŘ. 1:50
Investor: jméno a příjmení, trvalé bydliště investora		ČÍS. VÝKR. D.1.4-04
Část dokumentace:  <b>FOTOVOLTAIKA</b>		LIST 1/1
NÁZEV VÝKRESU: <b>Elektroinstalace střechy</b>		

480

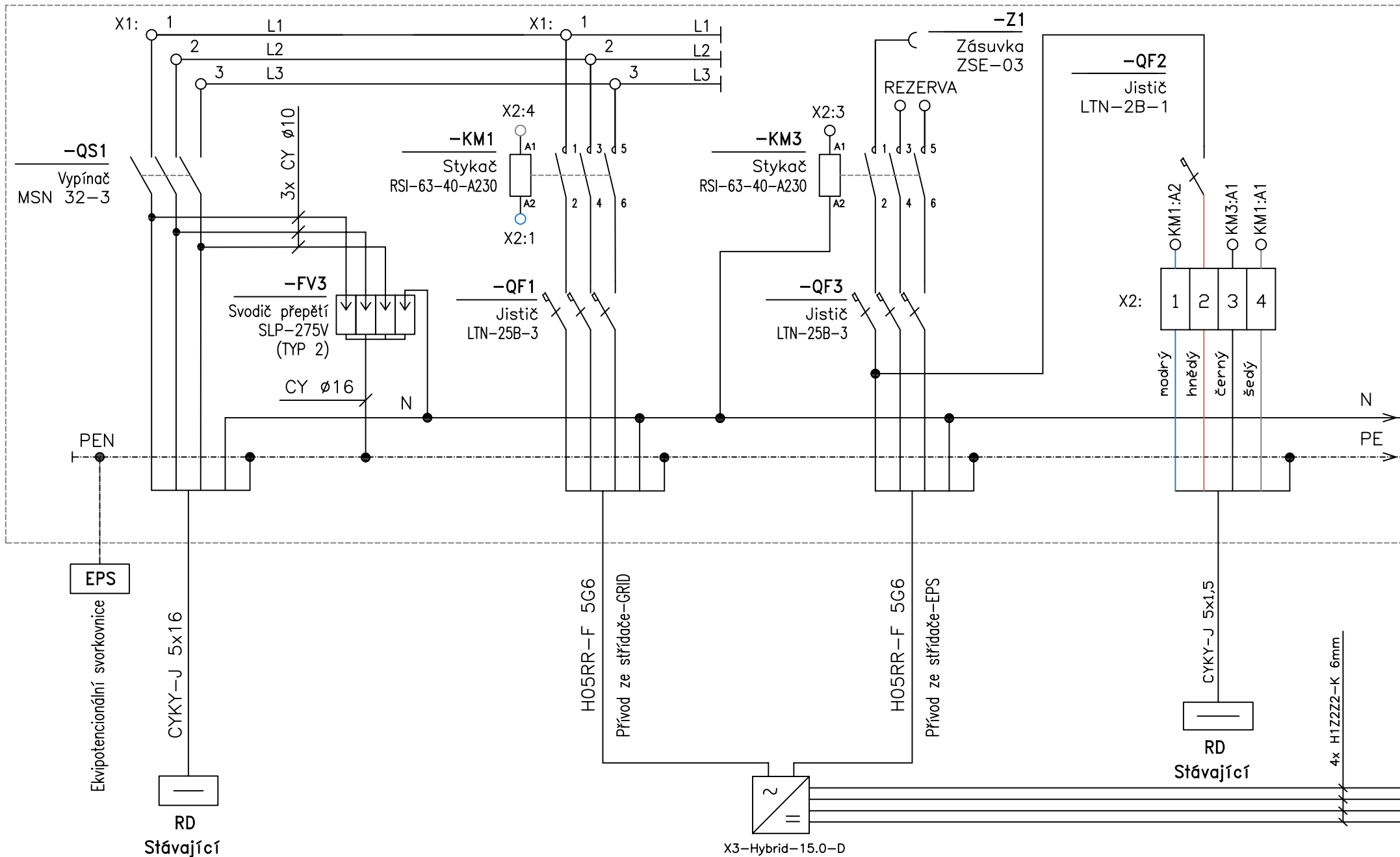


Typ rozvodnice	ROZVODNICE ACQUAPLUS IP65		
	39054-TB		
Krytí	IP65	Instalace	Nástěnná
Přívod	Spodem	Vývody	Spodem
Rozměr :	výška - 640mm	šířka - 430mm	hloubka - 160mm
Dveře :	plastové- průhledné		

Označení:	Název:	Kód výrobce:	EAN:
	ROZVODNICE ACQUAPLUS IP65	39054	8429760812289
-QS1	Vypínač MSN 32-3	0EZ:44298	8590125442981
-QF1, -QF3	Jistič LTN-25B-3	0EZ:41774	8590125417743
-QF2	Jistič LTN-2B-1	0EZ:41634	8590125416340
-KM1, -KM3	Stykač RSI-63-40-A230	0EZ:36633	8590125366331
-FV1, -FV2	Svodič přepětí FLP-PV550 V/U	ELOSOS1005655	8595090561453
-FV3	Svodič přepětí SLP-275V	A01722	8595090517221
-FU1, -FU2	Poj. odpojovač PCF 10 DC	002550203	3838895489597
-FU1, -FU2	Pojistka 20A, 10X38MM DC	414630	3245064146302
-X1:1	Svorkovnice rozbočovací HLAK 25 (h)	1006514	4025221400817
-X1:2	Svorkovnice rozbočovací HLAK 25 (č)	1006515	4025221400824
-X1:3	Svorkovnice rozbočovací HLAK 25 (š)	1006511	4025221400787
-X2	Svorka WK 4/U	57.504.0055.0	4015573392687
-X3, -X4	Svorka WK 6/U	57.506.0055.0	4015573458369
-PE	Svorka UK 35/2 PE	MAA2035Y10	6410019120752

Napětové soustavy :	Ochrana proti nebezpečnému dotyku :
3/PEN AC 400/230V 50Hz/ TN-C-S (PEN, N/PE)	AUTOMATICKÝM ODPOJENÍM OD ZDROJE
3/N/PE AC 400/230V 50Hz / TN-C-S	AUTOMATICKÝM ODPOJENÍM OD ZDROJE
1/N/PE AC 230V 50Hz / TN-C-S	AUTOMATICKÝM ODPOJENÍM OD ZDROJE

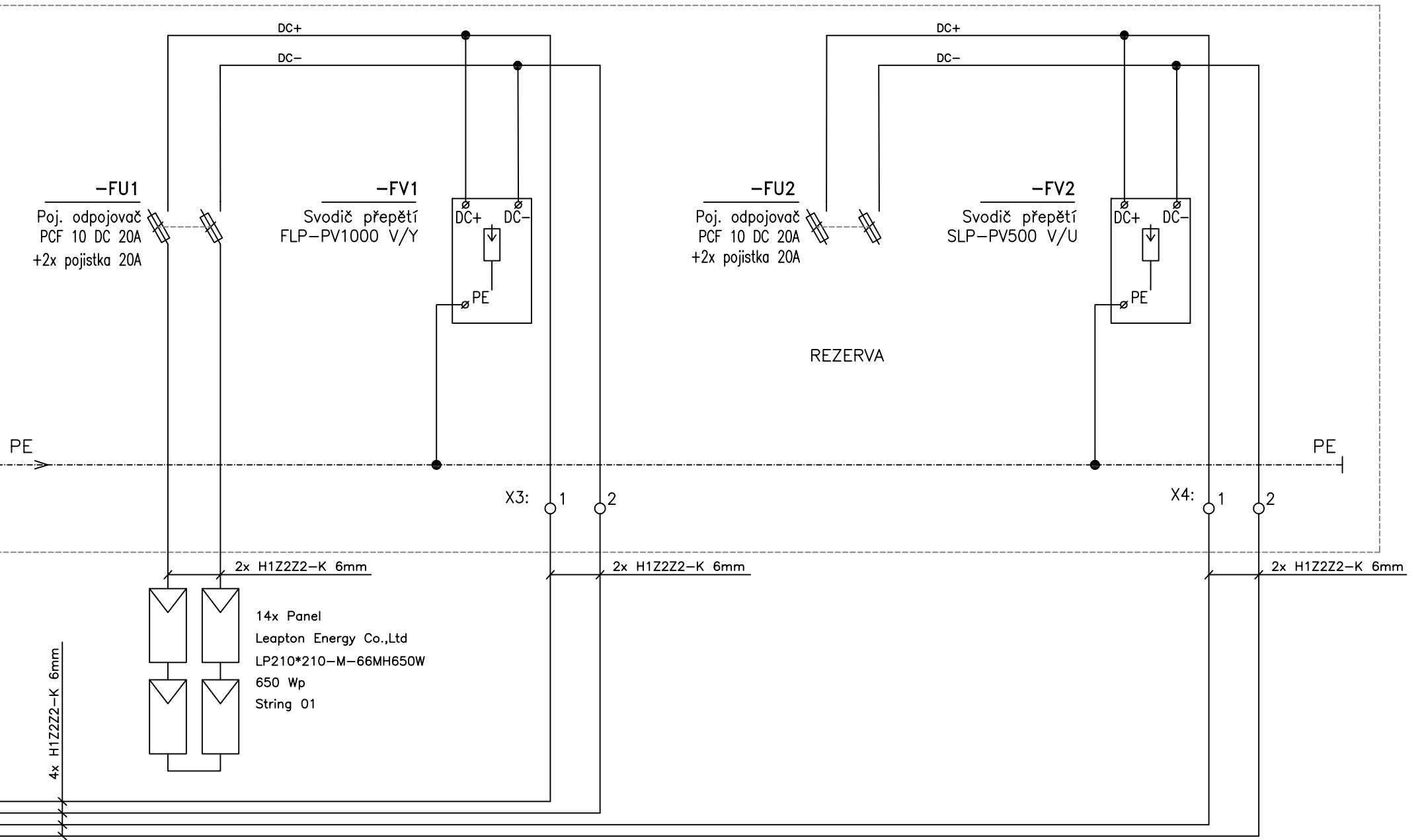
VYPRACOVAL:	KONTROLOVAL:	Název firmy	Adresa firmy	KOPIE
Marek Mička	-	Adresa firmy	Kontakt firmy	
Název akce: FVE Veselí nad Moravou - Zarazice		FORMÁT	3 A4	
Investor: jméno a příjmení, trvalé bydliště investora		DATUM	03/2023	
Část dokumentace:		STUPEŇ	DPS	
FOTOVOLTAIKA		ZAK.ČÍS.	2023-001	
		MĚŘ.	1:5	
NÁZEV VÝKRESU: Rozvaděč RH_FVE		ČÍS. VÝKR.	D.1.4-05	LIST 1/3



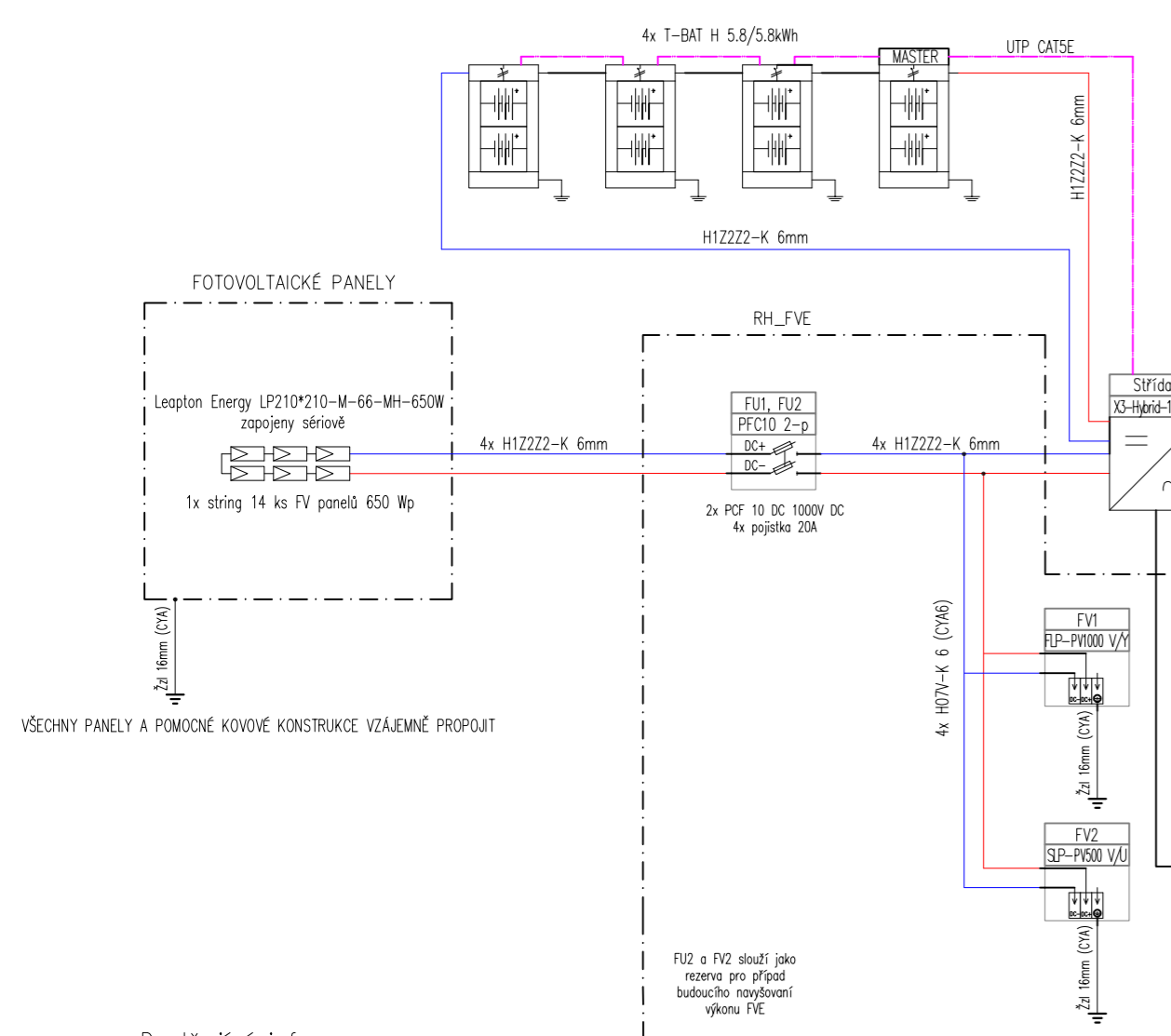
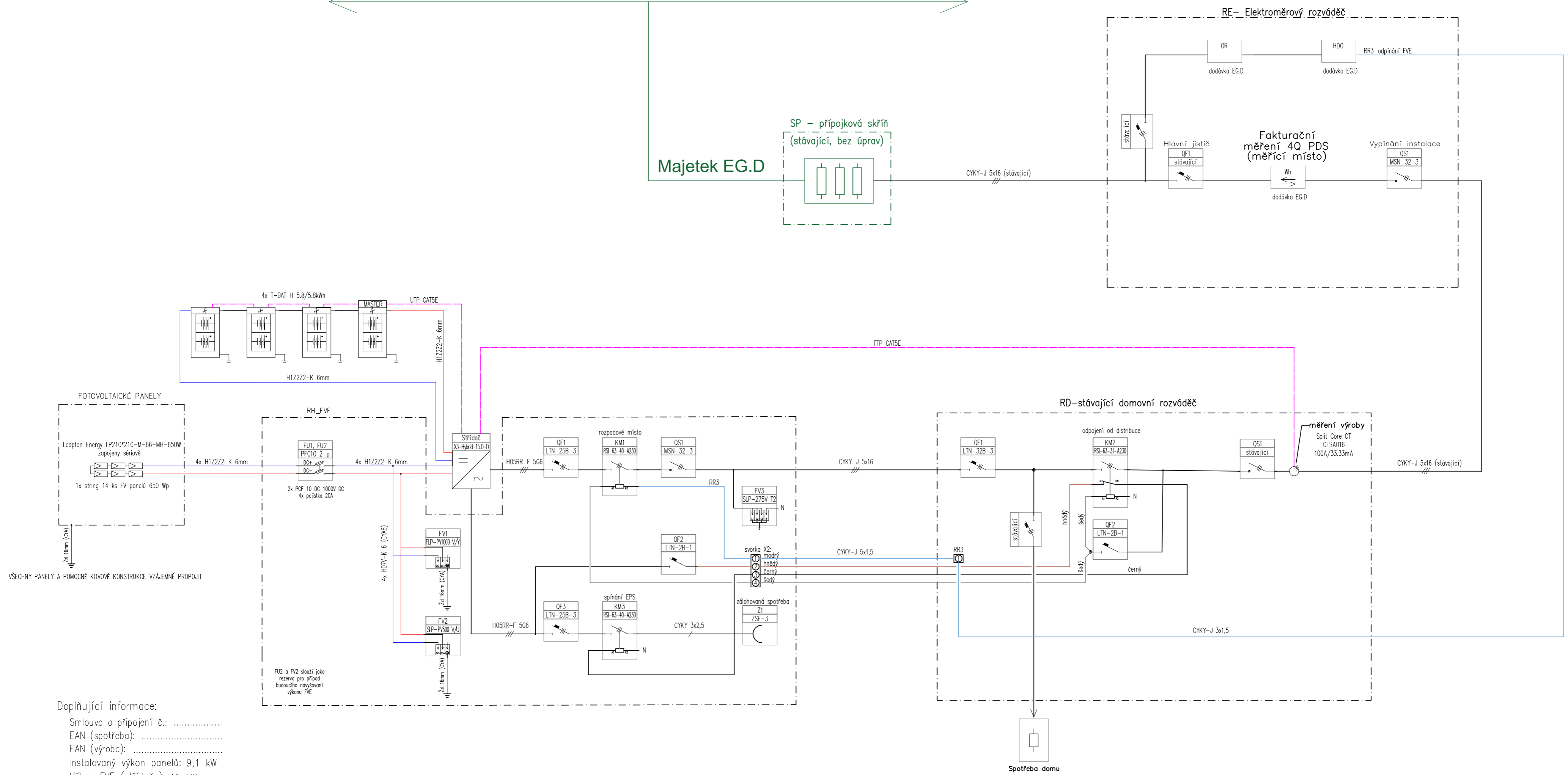
DC strana

2=1000V DC, IT

RH\_FVE



## Stávající podzemní vedení NN 0,4 kV (EG.D)



VŠECHNY PANELE A POMOČNÉ KOVOVÉ KONSTRUKCE VZÁJEMNĚ PROPOJIT

FU2 a FU3 slouží jako rezerva pro případ budoucího rozšíření výkonu FVE

### Doplňující informace:

Smlouva o připojení č.: .....  
 EAN (spotřeba): .....  
 EAN (výroba): .....  
 Instalovaný výkon panelů: 9,1 kW  
 Výkon FVE (střídače): 15 kW

Měření: přímým třífázovým elektroměrem s převodníkem  
 Přetoky do DS: nejsou povoleny

Všechny skříně a rozváděče budou označeny výstražnými tabulkami:  
 Pozor, elektrické zařízení.  
 Pozor, pod napětím i při vypnutém hlavním vypínači.  
 Zpětný proud.  
 Nehas vodou ani pěnovými přístroji.

Rozvodná soustava:  
 DC: 2 DC 1000 V, IT  
 AC: 1/N/PE AC 230 V 50 Hz, TN-S  
 3/N/PE AC 400 V/230 V 50 Hz, TN-S  
 3/N/PE AC 400 V/230 V 50 Hz, TN-C-S  
 3/PEN AC 400 V/230 V 50 Hz, TN-C

ČSN 33 2000-4-41 ed. 3 Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-41:  
 Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem.  
 ČSN 33 2000-7-712 ed. 2. Elektrické instalace nízkého napětí - Část 7-712:  
 Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech -Fotovoltaické (PV) systémy

VYPRACOVAL:	KONTROLOVAL:	Název firmy Adresa firmy Adresa firmy Kontakt firmy
Marek Mička	-	
Název akce: FVE Veselí nad Moravou - Zarazice	FORMÁT 4 A4	KOPIE
Investor: jméno a příjmení, trvalé bydliště investora	DATUM 03/2023	
Část dokumentace:	STUPEŇ DPS	
FOTOVOLTAIKA	ZAK.ČÍS. 2023-001	
	MĚŘ. -	
NÁZEV VÝKRESU: Jednopolové schéma	ČÍS. VÝKR. D.1.4-06	LIST 1/1