

Zásah jednotek požární ochrany při požáru fotovoltaických elektráren v rodinných domech

Bc. Martin Skřivánek

Diplomová práce
2024



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení
Ústav ochrany obyvatelstva

Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Martin Skřivánek
Osobní číslo: L22641
Studijní program: N1032A020002 Bezpečnost společnosti
Specializace: Ochrana obyvatelstva
Forma studia: Prezenční
Téma práce: Zásah jednotek požární ochrany při požáru fotovoltaických elektráren v rodinných domech

Zásady pro vypracování

1. Zpracujte rešerši právních norem k dané problematice.
2. Charakterizujte teoretické základy zásahu jednotek požární ochrany při požáru fotovoltaických elektráren v rodinných domech.
3. Vymezte možné konstrukční obtíže při zásahu.
4. Navrhněte zlepšení postupů při likvidaci nebezpečných stavů a proveďte diskuzi.

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

Seznam doporučené literatury:

1. IRINGOVA, Agnes. *Location of Photovoltaic Panels in the Building Envelope in Terms of Fire Safety*. Civil and Environmental Engineering. 2022, 18(2), 523-531. ISSN 20199-6512. Dostupné z: doi:10.2478/cee-2022-0050.
2. LEE, Shin-Ku, Chun-Mu WU a Kuo-Chan HUNG. *A study on fire risks to firefighters in the building with photovoltaic system*. In: 2017 International Conference on Applied System Innovation (ICASI). IEEE, 2017, s. 1174-1177. ISBN 978-1-5090-4897-7. Dostupné z: doi:10.1109/ICASI.2017.7988500.
3. YANG, Hong-Yun, Xiao-Dong ZHOU, Li-Zhong YANG a Tao-Lin ZHANG. *Experimental Studies on the Flammability and Fire Hazards of Photovoltaic Modules*. Materials. 2015, 8(7), 4210-4225. ISSN 1996-1944. Dostupné z: doi:10.3390/ma8074210.

Další odborná literatura dle doporučení vedoucího diplomové práce.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Lukáš Snopek, Ph.D.**
Ústav environmentální bezpečnosti

Datum zadání diplomové práce: **1. prosince 2023**

Termín odevzdání diplomové práce: **26. dubna 2024**

L.S.

doc. Ing. Zuzana Tučková, Ph.D.
děkanka

prof. Ing. Dušan Vičar, CSc.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užit své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

V Uherském Hradišti, dne: 26.4.2024

Jméno a příjmení studenta: Bc. Martin Skřivánek

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zaměřuje na bezpečnost instalace fotovoltaiky, nedostatky při její běžné instalaci a následný teoretický postup jednotek požární ochrany u zásahu při požáru rodinného domu s fotovoltaickým systémem. První část je zaměřena na seznámení s právním rámcem a již vzniklým opatřením pro instalaci fotovoltaiky. Další část je zaměřena na pochopení fotovoltaického systému a jeho komponentů. Dále jsou řešeny požáry těchto systémů a jejich odolnost. V praktické části je modelový objekt rodinného domu, kde je popsán běžný způsob instalace fotovoltaického systému. Tento způsob instalace je pak zhodnocen a na tomto základě jsou vypracovány návrhy na zlepšení protipožární ochrany fotovoltaických systémů a teoretický postup jednotek požární ochrany při požáru.

Klíčová slova: fotovoltaika, instalace fotovoltaiky, požár fotovoltaiky, požární zásah.

ABSTRACT

This master's thesis focuses on the safety of photovoltaic installation, deficiencies in its common installation, and subsequent theoretical procedures of fire protection units during intervention in a house fire with a photovoltaic system. The first part introduces the legal framework and existing measures for photovoltaic installation. The following section aims to understand the photovoltaic system and its components. Furthermore, it addresses fires of these systems and their resilience. In the practical part, a model of a residential house is described, where the common method of installing a photovoltaic system is outlined. This installation method is then evaluated, and based on this evaluation, proposals for improving fire safety of photovoltaic systems are made and theoretical procedures for fire protection units during a fire are developed.

Keywords: firefighting, installation of photovoltaics, photovoltaic fires, photovoltaics.

Poděkování

Zde bych rád poděkoval Ing. Lukáši Snopkovi, Ph.D. za inspirační vedení a jeho trpělivý přístup při vypracovávání této diplomové práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
CÍL PRÁCE A POUŽITÉ METODY	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 PRÁVNÍ RÁMEC	13
1.1 ZÁKON Č. 133/1985 SB., O POŽÁRNÍ OCHRANĚ	13
1.2 ZÁKON Č. 406/2000 SB., O HOSPODAŘENÍ ENERGÍÍ	13
1.3 ZÁKON Č. 258/2000 SB. O OCHRANĚ VEŘEJNÉHO ZDRAVÍ	14
1.4 VYHLÁŠKA Č. 246/2001 SB., O POŽÁRNÍ PREVENCI.....	14
1.5 VYHLÁŠKA Č. 247/2001 SB. O ORGANIZACI A ČINNOSTI JEDNOTEK POŽÁRNÍ OCHRANY.....	15
1.6 VYHLÁŠKA Č. 23/2008 SB., O TECHNICKÝCH PODMÍNKÁCH POŽÁRNÍ OCHRANY STAVEB	16
1.7 ZÁKON Č. 320/2015 SB. O HASIČSKÉM SBORU ČESKÉ REPUBLIKY.....	16
1.8 VYHLÁŠKA Č. 114/2023 SB., POŽADAVCÍCH NA BEZPEČNOU INSTALACI VÝROBNY ELEKTŘINY	17
2 BOJOVÝ ŘÁD JEDNOTEK POŽÁRNÍ OCHRANY.....	18
2.1 METODICKÝ LIST 14/ N	18
2.2 METODICKÝ LIST 25/P.....	19
2.3 METODICKÝ LIST 47/P.....	20
2.4 METODICKÝ LIST 48/P.....	21
2.5 METODICKÝ LIST 49/P.....	21
3 FOTOVOLTAICKÁ ELEKTRÁRNA	22
3.1 KOMPONENTY FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNY	24
4 POŽÁRY FOTOVOLTAICKÝCH ELEKTRÁREN.....	26
4.1 PŘÍČINY POŽÁRŮ	27
4.2 REAKCE NA POŽÁR	31
5 DÍLČÍ ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI.....	33
II PRAKTICKÁ ČÁST.....	34
6 MODELOVÝ OBJEKT	35
6.1 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ FOTOVOLTAIKY.....	36
7 ANALÝZA BEZPEČNOSTI OBJEKTU	39
7.1 POŽÁRNÍ ZATÍŽENÍ.....	39
7.2 ŘÍZENÝ ROZHOVOR	41
7.3 VYHODNOCENÍ ŘÍZENÉHO ROZHOVORU	44

7.4	MATICE RIZIK.....	45
7.5	HODNOCENÍ RIZIK	47
7.6	NÁVRHY NA OPATŘENÍ	50
8	TAKTICKÝ POSTUP PŘI ZÁSAHU	54
8.1	VELITEL ZÁSAHU.....	54
8.2	STRUKTURA ŘÍZENÍ ZÁSAHU	57
8.3	ČINNOST JEDNOTEK POŽÁRNÍ OCHRANY	59
	ZÁVĚR	61
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	63
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	67
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	68
	SEZNAM TABULEK	69

ÚVOD

Obnovitelné zdroje energie zaujímají stále větší roli v dnešní společnosti. Tyto moderní technologie přinášejí řadu výhod, ale zároveň s sebou nesou unikátní rizika, která vyžadují specializovaný přístup při hašení a ochraně při požáru. S rostoucím počtem domácností, které investují do fotovoltaických systémů pro vlastní energetickou nezávislost se zvyšuje i potřeba bezpečnostních opatření v případě požáru.

Požáry fotovoltaických elektráren mohou být obzvláště náročné kvůli nebezpečí spojeným s elektrickými systémy. V případě požáru mohou fotovoltaické elektrárny stále generovat elektrickou energii, což přináší vpřed problémem s hasicím prostředkem, kterým je většinou voda. Ale její použití v blízkosti elektrických systémů představuje riziko úrazu elektrickým proudem. Jednotky požární ochrany proto musí používat ochranné prostředky a stanovené metody pro likvidaci požáru.

Zároveň je důležité vzít v úvahu materiály použité při konstrukci solárních panelů. Některé panely obsahují potenciálně nebezpečné materiály a jednotky požární ochrany by měly být vybaveny odpovídajícím ochranným vybavením, aby se minimalizovala expozice.

Pro účely porozumění problematiky bude v práci vytvořený model rodinného domu, na který bude zobrazena teoretická instalace fotovoltaického systému. Tato instalace bude založená na právním rámci a běžných postupech. Pro tyto účely je potřeba vypočítávat požární zatížení, které se běžně provádí pro určení místnosti s prvky fotovoltaických systémů. V případě překročení hranice požárního zatížení v místnosti je nutností instalovat prvky požárně bezpečnostních zařízení nebo zvolit místnost úplně jinou.

Zásah jednotek požární ochrany v případě požáru fotovoltaických elektráren v rodinných domech vyžaduje dobrou komunikaci jednotek požární ochrany, rychlou reakci a znalost postupů včetně chování fotovoltaické elektrárny v případě požáru.

CÍL PRÁCE A POUŽITÉ METODY

V této diplomové práci je hlavním cílem vytvoření návrhu dodatečných bezpečnostních opatření a souboru úkonů pro účinný a bezpečný zásah jednotek požární ochrany při požárech fotovoltaických elektráren. K dosažení tohoto cíle byly využity specifické metody.

Kvantitativní hodnocení rizika předchází výpočet požárního zatížení, což přispělo k lepšímu odhadu intenzity možných požárů a jejich potenciálního rozsahu.

Jednou z klíčových metod byl řízený rozhovor, jehož úkolem bylo shromáždit relevantní data. Následně byla data podrobena vyhodnocení, což umožnilo identifikování rizik a dalšímu porozumění problematice.

Následujícím hodnocením rizik byla zhodnocena bezpečnost objektu, která zahrnovala posouzení stávajících bezpečnostních protokolů zobrazeném při instalaci na teoretickém modelu objektu. V rámci této analýzy byla využita matice rizik, která umožnila systematické a strukturované hodnocení rizik spojených s provozem fotovoltaických elektráren.

Na základě získaných informací a analýz byly formulovány návrhy na opatření, které mají za cíl zlepšit reakci na požáry a zvýšit celkovou bezpečnost fotovoltaických elektráren. Tyto metody poskytly pevný základ pro vypracování efektivních bezpečnostních řešení, na jejímž základě může probíhat účinný protipožární zásah.

Dodatečné návrhy pro snížení požárního rizika a detailní popis navrhovaného taktického postupu jednotek požární ochrany jsou hlavním výstupem této diplomové práce.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PRÁVNÍ RÁMEC

V České republice se právní úprava fotovoltaiky teprve formuje, nové více konkrétní právní rámce jsou zatím v jednání nebo se teprve až teď ustanovují, co se týče roku 2024. Hlavní inspirací pro instalaci fotovoltaických elektráren jsou hlavně ceny energií, jednoduchost instalace a podpora státu solárních panelů, kvůli závazku o energii z obnovitelných zdrojů. Starší ustanovené zákony proto často hovoří o požárních rizicích fotovoltaiky více obecně a jsou zaměřeny na jejich ekonomický prvek. (Nos, 2018)

1.1 Zákon č. 133/1985 Sb., o požární ochraně

Zákon zadává obecné podmínky každému jednotlivci konat tak, aby nezpůsobil vznik požáru a vytváří podmínky pro účinnou ochranu zdraví a majetku občanů působnosti orgánů státní správy a samosprávy. (Česko, 2021)

Jeden z příkladů této povinnosti spočívá v udržování volných příjezdových komunikací, únikových cest a zajištění volného přístupu k nouzovým východům a k rozvodným zařízením elektrické energie. Další z povinností spočívá v pravidelné kontrole dodržování předpisů o požární ochraně prostřednictvím odborně způsobilé osoby, technika požární ochrany nebo preventisty požární ochrany. (Česko, 2021)

Tento zákon byl upravován v průběhu let. Nejnovější ukotvení v zákoně má v podobě Zákona č. 415/2021 Sb., kterým se mění zákon č. 133/1985 Sb., o požární ochraně, ve znění pozdějších předpisů. (Česko, 2021)

1.2 Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií

Zákon stanovuje řadu povinností vlastníkům budov v oblasti hospodaření s energií při instalaci zařízení využívajících obnovitelné zdroje energie, zejména elektrické a tepelné energie. Podle tohoto zákona musí být osoba, která provádí instalaci fotovoltaických systémů, držitelem potřebné licence a musí již minimálně pět let pracovat v oboru, přičemž financování instalace musí pocházet z národních nebo evropských dotací. V rámci Národní soustavy kvalifikací je tato profesní kvalifikace zavedena jako elektromontér/ka fotovoltaických systémů.

Hlavní myšlenkou tohoto opatření je zaručit, že instalaci, údržbu a revize fotovoltaických systémů provádějí pouze osoby s odpovídajícím vzděláním, zkušenostmi a certifikacemi,

což vede k vytvoření efektivních a energeticky optimalizovaných fotovoltaických systémů, jež splňují požadavky na požární bezpečnost. (Česko, 2000)

1.3 Zákon č. 258/2000 Sb. o ochranně veřejného zdraví

Daný zákon představuje právní normu, která je integrována do legislativy České republiky s ohledem na příslušné předpisy Evropské unie. Jeho hlavním cílem je upravit a specifikovat práva a povinnosti fyzických a právnických osob v kontextu ochrany a podpory veřejného zdraví. Tento právní předpis se zavazuje k respektování a implementaci direktiv EU, a to jak těch, které jsou přímo použitelné, tak těch, které vyžadují další legislativní úpravy na národní úrovni. (Česko, 2000)

Zákon detailně vymezuje soustavu orgánů ochrany veřejného zdraví, včetně jejich konkrétní působnosti a pravomocí. Tyto orgány mají na starosti nejen dohled nad dodržováním zásad veřejného zdraví, ale také podporu zdraví a prevenci možných rizik. Stanoví, jakým způsobem a v jaké rozsahu jsou tato práva a povinnosti regulována, a jak jsou jednotlivé orgány zodpovědné za jejich provádění a dohled nad nimi. (Česko, 2000)

V další části zákon řeší úkoly dalších orgánů veřejné správy, které se podílejí na ochraně a podpoře veřejného zdraví. To zahrnuje nejen reakce na konkrétní zdravotní hrozby, ale také preventivní činnosti, včetně hodnocení a snižování hluku, jehož dlouhodobé průměrné zatížení může mít negativní dopad na kvalitu životního prostředí a zdraví obyvatel. (Česko, 2000)

1.4 Vyhláška č. 246/2001 Sb., o požární prevenci

Vyhláška stanoví podmínky týkající se požární bezpečnosti a provádění státního požárního dozoru a zahrnuje určení věcných prostředků pro požární ochranu a požárně bezpečnostních zařízení. Dále obsahuje pokyny ohledně umístění, projektování, montáže, provozu a pravidelných kontrol, údržby a oprav těchto zařízení. Pravidelné preventivní požární prohlídky jsou prováděny v intervalech 3 měsíců při zvýšeném požárním nebezpečí, 6 měsíců bez zvýšeného požárního nebezpečí a 12 měsíců v zařízeních bez zvýšeného požárního nebezpečí. (Česko, 2001)

Klíčovým ustanovením této vyhlášky v souvislosti s fotovoltaickými systémy je § 18, který definuje prostory a zařízení s komplikovanými podmínkami pro zásah a § 34 pojednávající o dokumentaci pro zdolávání požárů a uvádí pojmy operativní plán a karta. Operativní plán obsahuje detailní studii postupu při zdolávání požáru a přílohu s operačními údaji

a grafickým znázorněním objektu. Operativní karta pak představuje zjednodušenou verzi operativního plánu. (Česko, 2001)

Součástí této dokumentace je situační nákres, který musí jednoduše a jasně nastínit druh a polohu komponent fotovoltaického systému, umístění všech vedení pod napětím, která se nedají odpojit od fotovoltaiky, všechna vedení pod napětím v bodově, umístění střídače napětí, umístění odpojovacích zařízení a umístění hlavního rozvaděče v bodově.

Vyhláška také stanovuje, že tato dokumentace musí být k dispozici u jednotek hasičského záchranného sboru kraje a podniku. (Česko, 2001)

1.5 Vyhláška č. 247/2001 Sb. o organizaci a činnosti jednotek požární ochrany

Vyhláška č. 247/2001 Sb. Ministerstva vnitra České republiky specifikuje a doplňuje legislativní rámec týkající se činnosti a organizace jednotek požární ochrany, a zároveň detailně vymezuje požadavky na odbornou způsobilost příslušníků Hasičského záchranného sboru České republiky (HZS ČR). Tato vyhláška tak představuje rozšiřující a prakticky zaměřený předpis, který přináší konkrétní pravidla pro provoz a strukturování jednotek požární ochrany v souladu se zákonem o požární ochraně, stejně jako s právními normami definujícími činnost HZS ČR. (Česko, 2001)

Důležitým prvkem vyhlášky je stanovení úkolů jednotek požární ochrany, což zahrnuje vše od prevence, přes přípravu na zásahy, až po samotné provedení zásahu v případě vzniku požáru nebo jiné mimořádné události. Vyhláška rovněž určuje, jaké aktivity a v jakém rozsahu by měly jednotlivé osoby zúčastněné na plnění těchto úkolů vykonávat, což zajišťuje efektivní

a koordinovaný přístup při zásahu. (Česko, 2001)

V rámci vyhlášky jsou také formulovány zásady velení a řízení jednotek požární ochrany během zásahu. Tyto zásady definují hierarchii a komunikační struktury potřebné k udržení pořádku, efektivity a bezpečnosti při reakci na krizové situace. Vedení zásahu je kritickým faktorem, který má přímý dopad na úspěšnost a rychlost likvidace požárů a jiných nebezpečných událostí. (Česko, 2001)

1.6 Vyhláška č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb

Tato vyhláška se zaměřuje zejména na poskytování pokynů pro navrhování a umístování staveb s ohledem na jejich požární bezpečnost. Zde je důležité zajistit, aby délka stejnosměrného úseku rozvodu byla co nejkratší. Taktéž stanovuje, že fotovoltaické panely umístěné na střechách a fasádách nesmějí bránit větrání budov, omezovat provoz ani údržbu spalinových cest a nemají zasahovat do činnosti požárních jednotek v případě mimořádné události. (Česko, 2008)

1.7 Zákon č. 320/2015 Sb. o hasičském sboru České republiky

Zákon č. 320/2015 o Hasičském záchranném sboru České republiky (HZS ČR) definuje a formalizuje funkci, úkoly a působnost HZS jako jednotného bezpečnostního sboru na území České republiky. Tento právní předpis jasně stanovuje, že základním posláním hasičského záchranného sboru je ochrana životů a zdraví lidí, ochrana životního prostředí, zvířat a majetku před nebezpečími, jako jsou požáry, jiné mimořádné události a krizové situace. (Česko, 2015)

V dalším ustanovení zákon specifikuje, že hasičský záchranný sbor hraje klíčovou roli v zajišťování bezpečnosti České republiky. To zahrnuje široké spektrum činností, od požární ochrany a ochrany obyvatelstva přes civilní nouzové plánování až po aktivní účast v integrovaném záchranném systému a krizovém řízení. Sbor se tak podílí na předcházení vzniku nebezpečí, řešení vzniklých situací a minimalizaci následků mimořádných událostí. (Česko, 2015)

Zákon dále upřesňuje, že plnění úkolů HZS je organizováno a koordinováno v souladu s platnými právními předpisy, a stanovuje rámec pro jejich působnost a postupy. To umožňuje efektivní spolupráci mezi různými složkami bezpečnostních a záchranných sil v České republice. Hasičský záchranný sbor tak má významné místo v systému veřejné správy a je nepostradatelnou součástí reakce státu na mimořádné události a krizové situace. (Česko, 2015)

1.8 Vyhláška č. 114/2023 Sb., požadavcích na bezpečnou instalaci výroby elektřiny

Hlavní význam vyhlášky je bezpečná instalace výroby elektřiny využívající obnovitelné zdroje energie s instalovaným výkonem do 50 kW.

Tyto požadavky se týkají nejen materiálového provedení instalace výroby elektřiny umístěné na budově, ale také konstrukce fotovoltaického panelu, která musí splňovat reakce na oheň třídy A1 nebo A2. (Česko, 2023)

Další požadavky jsou na vypnutí a odpojení od elektroinstalace a distribuční sítě. Vypínač musí být umístěným na přístupném místě, odpojený od všech směrů možného napájení a označeným tak, aby bylo zabráněno jeho volnému užití. Kromě toho musí být výroba elektřiny instalována tak, aby zajistila bezpečné stejnosměrné napětí v jakékoli části stejnosměrného rozvodu. (Česko, 2023)

Dále specifikuje bezpečné provedení vnějšího kabelového vedení fotovoltaiky, kdy musí být zhotovení z materiálů proti ultrafialového záření. Zároveň prostup kabelového rozvodu požárně dělicí konstrukcí musí být utěsněn. (Česko, 2023)

V neposlední řadě udává konstrukční požadavky na umístění rozvaděče, sběrače pro spojení kabelového rozvodu a střídače na obvodovém nebo střešním pláští budovy nebo uvnitř stavby, kdy musí být instalovány na konstrukci splňující reakci na oheň A1 nebo A2, jejíž rozměry přesahují půdorys o minimálně 500 m. (Česko, 2023)

2 BOJOVÝ ŘÁD JEDNOTEK POŽÁRNÍ OCHRANY

V důsledku přibývajících incidentů při protipožárních zásazích u fotovoltaických elektráren Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky vydalo řadu Metodických listů jako taktický postup při zásahu.

Metodické listy jsou strukturované dokumenty obsahující instrukce, postupy nebo pokyny, které slouží k usnadnění a standardizaci určité činnosti nebo procesu. Tyto listy často obsahují podrobné informace o tom, jak provést konkrétní úkoly, jak postupovat při řešení dané mimořádné události nebo jak dodržovat určité normy a směrnice. Metodické listy mohou být použity v různých situacích, a mohou být přizpůsobeny konkrétním potřebám a požadavkům každé mimořádné události. (Ministerstvo vnitra, 2017)

Z hlediska požární ochrany fotovoltaických systémů jsou zejména důležité metodické listy:

2.1 Metodický list 14/ N

Metodický list 14 kapitoly N se zaměřuje na problematiku nebezpečí úrazu elektrickým proudem. Obsahuje detailní pokyny a postupy pro identifikaci rizik spojených s elektrickou energií, ochranná opatření pro práci v její blízkosti a zásady pro zacházení s poškozenými elektrickými vedeními. Dále poskytuje konkrétní opatření pro bezpečný zásah při požáru elektrických zařízení a postupy pro situace, kdy dochází k úrazům elektrickým proudem.

Mezi základní body pro ochranu hasičů před úrazem elektrickým proudem je zde zmíněno:

- Vypnutí elektrického proudu.
- Zajištění proti nekontrolovanému zapnutí.
- Omezení vstupu do prostoru.
- Použití vhodných hasičských prostředků na hašení zařízení pod napětím.

Omezení rozsahu přístupu do prostoru ochranného pásma je v metodickém listu konkrétně zmíněno v závislosti na napětí. Zkrácení této vzdálenosti je povoleno jen pro osoby s elektrotechnickou kvalifikací. (Ministerstvo vnitra, 2017)

Střídavé napětí (kV)	Bezpečná vzdálenost D_V (m)
Do 1	0,30
nad 1 do 10	1,15
22	1,26
35	1,37
110	2,0
220	3,0
400	4,6

Obrázek 1 - Tabulka ochranného pásma (Ministerstvo vnitra, 2017)

V prvním sloupci tabulky můžeme vidět rozsah napětí, který je rozdělen do šesti řádků: "Do 1", "nad 1 do 10", "22", "35", "110", "220" a "400". Tyto hodnoty udávají hladinu střídavého napětí. Druhý sloupec obsahuje příslušné bezpečné vzdálenosti, které je třeba dodržovat v metrech. Pro napětí do 1 kV je bezpečná vzdálenost 0,30 m, pro napětí nad 1 do 10 kV je to 1,15 m, pro 22 kV je to 1,26 m, pro 35 kV je bezpečná vzdálenost 1,37 m, pro 110 kV je to 2,0 m, pro 220 kV je to 3,0 m a pro 400 kV je uvedena bezpečná vzdálenost 4,6 m. (Ministerstvo vnitra, 2017)

2.2 Metodický list 25/P

Metodický list 25 kapitoly P se zaměřuje na problematiku hašení vodou elektrických zařízení a vedení pod napětím do 400 V. Specifikuje, jaké hasební látky použít v případě kdy není možné odpojení elektrického zařízení nebo vedení pod napětím 400 V. (Ministerstvo vnitra, 2017)

Dále se v metodickém listu udávají podmínky pro způsoby hašení elektrických zařízení vodou. Hašení elektroniku vodou je nebezpečné, proto jsou v metodickém listu striktní opatření pro tento případ včetně použití ochranných prostředků hasičů. Pro tyto účely jsou určeny dva typy proudnic, kombinovaná a vysokotlaká, přičemž druh proudu musí být buď plný, sprchový nebo mlhový. Bezpečná vzdálenost je 1,5 metrů s výjimkou plného proud u kombinované proudnice, kde musí být bezpečná vzdálenost 3,5 metru. Zároveň minimální tlak proudnice kombinované je určen 0,6 Mpa, proudnice vysokotlaká má určený minimální tlak 2,5 Mpa. Při zásahu jednotky požární ochrany nesmí být v přímém kontaktu s vodou, jako je kaluže nebo odtékající voda a ostatními vodivými předměty spojenými s elektronickým zařízením nebo vedením, zároveň musí být v místě zásahu dobrá

viditelnost, aby bylo možno tyto podmínky dodržet včetně bezpečné vzdálenosti. Při samotném hašení nesmí proud vody směřovat na hořící zařízení nebo vedení pod napětím, pokud není dosažený minimální tlak proudu, zároveň je důležité, aby byla použita čistá voda, jelikož nečistoty ve vodě zvyšují vodivost tekutiny. (Ministerstvo vnitra, 2017)

2.3 Metodický list 47/P

Tento metodický list kapitoly P nese název požáry střešních konstrukcí s fotovoltaickým systémem. Tím se rozumí fotovoltaický systém umístěný na střeších obytných budov s výkonem do 10 kWp. Definiuje pojem fotovoltaika a fotovoltaický systém. Důležitým bodem tohoto metodického listu je skutečnost, že napětí generované ve fotovoltaických panelech nelze přerušit, pokud na fotovoltaiky dopadají světelné paprsky. To znamená, že stejnosměrná část systému, tedy část kabelového rozvodu vedoucí od panelů ke střídači, představuje významně vyšší riziko než část, která vede od střídače nebo jisticích prvků a může být v případě potřeby odpojena. (Ministerstvo vnitra, 2017)

Z tohoto důvodu jsou požáry střešních konstrukcí obsahující fotovoltaické systémy řazeny do tří skupin:

- Požár fotovoltaického systému.
- Požár střešní konstrukce fotovoltaického systému a rozvodných kabelů mezi nimi.
- Požár budovy s umístěním fotovoltaického systému.

V metodickém listu je dále řešen požární zásah. Zde je důležité odpojit fotovoltaický panel od střídače a fotovoltaický systém od elektrické sítě a akumulátorů a zamezit šíření požáru mimo zasaženou část střechy. Při požárním zásahu na střeše je důležité, aby se zachovaly nosné konstrukce střechy a zamezilo se kolapsu konstrukce, to se docílí například organizací vhodného místa hlavního směru protipožárního zásahu a ochlazování ohrožených nosných konstrukcí. Na střeše by měl být jen nezbytný počet hasičů, kteří nesmějí používat vodivá hasiva. Zároveň musí dbát, aby nemanipulovali s fotovoltaickými panely a jejich vodivou konstrukcí a nedotýkali se jich. Panely jsou tvořeny z málo hořlavých látek, proto není prioritou tyto panely hasit. Prioritou je zjištění nebezpečí požáru uvnitř budovy, pokud zasahuje elektrické rozvody a popřípadě jejich hašení pomocí nevodivých hasiv zmíněných v metodickém listu 25/P, zároveň zajistit jejich odpojení od vnější elektrické sítě, fotovoltaiky a akumulátorů. (Ministerstvo vnitra, 2017)

2.4 Metodický list 48/P

Metodický list 48 kapitoly P se zabývá požáry fotovoltaických elektráren, zejména instalovaných na rozlehlejších střech budov, nebo větších prostranství, kde je možnost instalovat fotovoltaiku v řadách při výkonu vyšším než 10 kWp. Tento metodický list popisuje podobné problémy jako 47/P s výjimkou požáru travního porostu. Ten může ohrozit izolaci kabelů stejnosměrného proudu, zároveň se musí zabránit šíření tohoto požáru k technologickému objektu. (Ministerstvo vnitra, 2017)

2.5 Metodický list 49/P

Tento metodický list kapitoly P řeší požáry střešních konstrukcí, zejména s trubicovým fotovoltaickým systémem. Jedná se o specifický typ konstrukce fotovoltaických panelů, kde jsou polovodičové články umístěny v trubicích. V porovnání s tradičními deskovými panely je zde rozdíl v odrazové fólii, která se umísťuje pod fotovoltaické panely a může usnadnit šíření požáru. Vnitřek trubic obsahuje silikonový olej, který může přispět k šíření požáru, zejména pokud dojde k prasknutí trubic a olej se dostane do svodů a netěsností ve střeše. Pokyny pro požární zásah jsou obdobné jako při požáru střešní konstrukce s fotovoltaickými panely, s tím rozdílem, že je nutné dbát na ochranu dýchacích cest při manipulaci se zbytky po požáru kvůli vysokému obsahu karcinogenních látek, které se mohou šířit do okolí. (Ministerstvo vnitra, 2016)

3 FOTOVOLTAICKÁ ELEKTRÁRNA

Využívání čisté a obnovitelné energie je v dnešní době velmi diskutované a na prudkém vzrůstu. Právě fotovoltaické elektrárny jsou jedním z těchto zdrojů energie. Přičemž začátky fotovoltaických elektráren sahají až do 19. století, objevením vnějšího fotoelektrického jevu - fotoemise. Fotoemise znamená uvolňování elektronů z vodivostního pásu z ozařovaného kovu uvolňují do okolí. Tento objev prokázal, že elektrický proud mezi kovovými elektrodami, které byli ponořené v roztoku, se mění v závislosti na intenzitě osvětlení. Téměř padesát let poté následoval další objev, který prokázal, že elektrický výboj v plynu vzniká snadněji mezi elektrodami, na něž dopadá ultrafialové záření. I když tyto jevy byly popsány, nebylo možné je plně vysvětlit pomocí elektromagnetického záření. To se podařilo až Albertovi Einsteinovi roku 1905, když na elektromagnetické pole aplikoval kvantovou teorii. Z tohoto vysvětlení plyne, že energie uvolněného elektronu závisí pouze na frekvenci záření a počtu elektronů na intenzitě záření. Díky své práci na rozvoji teoretické fyziky, zejména objevu zákonitostí fotoelektrického jevu, získal Einstein v roce 1921 Nobelovu cenu za fyziku. (Bechník, 2014)

Jedním z významných okamžiků bylo odhalení polovodičového fotovoltaického jevu, který podstatně zvýšil využitelnost tohoto technologického principu - fotoionizace. Na rozdíl od fotoelektrického jevu, kde se proud měnil pod vlivem světla, zde vznikalo elektrické napětí bez nutnosti vnějšího elektrického pole pouze díky působení světla. (Bechník, 2014)

Při fotovoltaickém jevu dochází v polovodičích k uvolnění elektronu z valenčního pásu do vodivostního pásu pod vlivem fotonu s dostatečnou energií. Ve valenčním pásmu vzniká "díra", která má vlastnosti základního kladného náboje. Tyto díry přemístí elektrony z valenčního pásu sousedních atomů, což způsobí, že se díra přemístí na místo původního elektronu. V důsledku srážek fotonů vznikají páry pohyblivých nábojů, tedy elektronů a děr. Tyto náboje se buď samy rozptýlí nebo se pod vlivem elektrického pole pohybují směrem k elektrodám se stejnou polaritou a vnějším obvodem prochází elektrický proud. (Bechník, 2014)

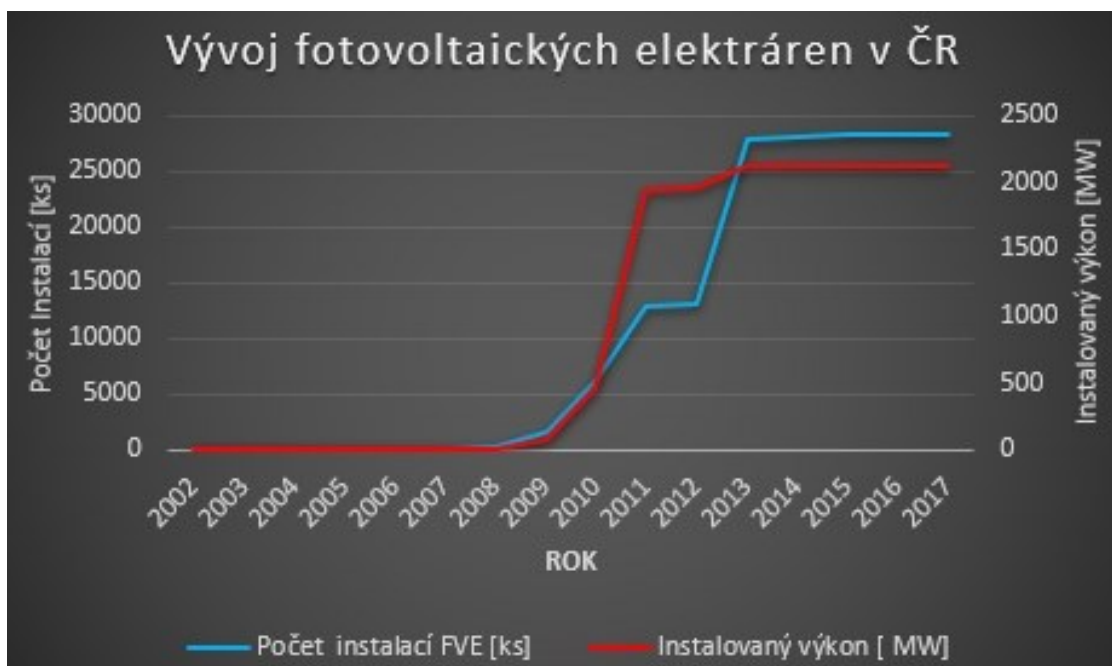
O využitelnost fotovoltaických článků můžeme hovořit až v 50. letech 20. století, kdy se cena pohybovala pořád v tisících dolarů za watt. Fotovoltaickým elektrárnám také nepomáhala skutečnost, že při výrobě těchto fotovoltaických článků byly používány v podstatě stejně náročné postupy jako při výrobě mikročipů. Tudíž reálné využití se dalo aplikovat pouze při napájení menších spotřebičů v odlehklých oblastech, například na bójích,

kde by bylo extrémně obtížné nebo zcela nemožné je připojit k elektrické síti. (Bechník, 2014)

Instalaci fotovoltaiky ve větším měřítku můžeme pozorovat až v 70. letech tohoto století. Kdy tento jev byl vyvolán vzniklou ropnou krizí. Od této chvíle začal i větší zájem široké veřejnosti o obnovitelné zdroje energie a tím i vznik intenzivního výzkumu a rozvoje, díky kterému vzrůstá účinnost a kleslá cena fotovoltaických elektráren. Zároveň s tím se snížila náročnost výroby a zvyšuje se životnost fotovoltaických článků. (Bechník, 2014)

O necelých 10 let později v té době dominovaly články z krystalického křemíku, u kterých byla ověřena minimální životnost 30 let. V dnešní době výrobci na tomto základě udávají mimo další parametry i snížení efektivity panelu po třiceti letech, tato životnost je odhadována na základě zrychlených zkoušek. (Bechník, 2014)

Avšak skutečného masového rozšíření se fotovoltaika dočkala až s implementací různých podpůrných systémů. Prvním z nich byl dotační program v Japonsku, následovaný systémem výkupních cen v Německu. Obdobné strategie byly poté zavedeny v mnoha dalších zemích. Jejich oblíbenost v České republice je viditelná hlavně za období 2002 až 2008, díky nízkým pořizovacím nákladům a s pomocí podpory od státu. Až po roce 2013 nastala stagnace instalací fotovoltaických elektráren s další výraznou stagnací v roce 2017. Společně s nárůstem počtu instalovaných fotovoltaických elektráren za rok, roste i jejich celkový výkon v průběhu let. (Nos, 2018)



Obrázek 2 – Počet instalací fotovoltaiky (Nos, 2018)

Základním principem fotovoltaických elektráren je tedy uvolňování elektronů z látky, na kterou dopadá elektromagnetické záření. Fotovoltaické články můžeme brát jako velkoplošné polovodičové diody, vyrobené většinou z tenké křemíkové destičky. Tyto destičky mají vodivost typu P (anoda) a N (katoda). Přejed elektronů je umožněn pouze jedním směrem, díky bariéře zabráňující přechodu elektronů z vrstvy N. Mezi těmito vrstvami pak vzniká elektrický potenciál o velikosti zhruba 0,5 V. Dopadající elektromagnetické záření se tedy mění na elektrickou energii, přičemž účinnost těchto solárních článků se pohybuje v dnešní době okolo 20 %, při poklesu výkonu po 30 letech také zhruba 20 %. Aby bylo docíleno vyššího napětí, fotovoltaické články se zapojují sériově a vznikají tak fotovoltaické panely s napětím určeným součtem potenciálu těchto fotovoltaických článků. (Nos, 2018)

Způsoby zapojení fotovoltaických systémů se také mohou lišit na základě jejich systému distribuce a využívání generované energie. Hlavní rozdíl je v případě, jestli je fotovoltaický systém napojen na distribuční síť, či se jedná o uzavřený systém. (Nos, 2018)

Fotovoltaický systém může být „GRID ON“, kdy je připojen k distribuční síti. Pokud zařízení vyprodukuje přebytečnou energii, je tato energie prodána do distribuční sítě. Současně, pokud je spotřeba energie vyšší, než je schopen fotovoltaický systém vygenerovat, je nedostatek energie dodáván z této distribuční sítě. (Nos, 2018)

Dalším systémem je naopak „GRID OFF“. V tomto případě se jedná o uzavřený systém, který není napojený na žádnou distribuční síť. Pokud není elektrická energie spotřebována, může být uložena v dodatečně pořízených akumulátorech pro pozdější využití. (Nos, 2018)

Pro zvýšení efektivity fotovoltaických systémů a využívání jejich vygenerované elektrické energie se tyto systémy často kombinují. V dnešní době můžeme z pravidla vidět případ „GRID ON“ s dodatečnými akumulátory, které až po naplnění kapacit poskytují elektrickou energii do distribuční sítě. (Nos, 2018)

3.1 Komponenty fotovoltaické elektrárny

Z hlediska složitosti a počtu komponent nejsou fotovoltaické elektrárny příliš složité. Základním komponentem jsou pak samotné fotovoltaické panely, které jsou instalovány a spojovány dle potřeby. Fotovoltaické panely, jak již bylo zmíněno, vyžadují dostatečné osvětlení, ze kterého pak vytvářejí stejnosměrný proud. Proto jsou panely často umístěny na střechy domů, garáží, fasád, pergol nebo na pozemek. Množství vyrobené elektřiny pak

můžeme určit, na závislosti počtu těchto panelů a intenzitě osvětlení, kterou obdrží. (Topinfo, ©2024)

Dalším základním komponentem je střídač (tzv. měnič), který slouží pro převod stejnosměrného proud z panelů na proud s parametry, vhodnými pro standartní využívání spotřebičů. Vzhled střídače se může lišit v závislosti na výrobcí a modelu, ale obvykle se jedná o zařízení s kompaktním kovovým nebo plastovým pouzdem. Na předním panelu střídače mohou být umístěny ovládací prvky, displej nebo indikátory, které zobrazují aktuální stav a parametry elektrického výstupu. Do střídače jsou vedeny kabely z fotovoltaických panelů, kdy je teprve proud upraven, až poté je ze střídače veden kabel do rozvaděče objektu nebo elektrické stanice. (Topinfo, ©2024)

Akumulátory jsou volitelným prvkem fotovoltaických systémů, pokud je žádoucí uchovat tuto energii a využívat ji v době, kdy na fotovoltaiku nedopadá elektromagnetické záření, typicky v noci. Jedná se o druh úložiště elektrické energie. Nejběžnější možností jsou elektrické baterie nebo zásobníky na teplou vodu. V případě baterií je standardem zhotovení akumulátorů na bázi lithia. Mezi tyto typy patří lithium-iontové a lithium-železo-fosfátové akumulátory. (Nos, 2018)

Dalším důležitým zařízením jsou jistící prvky, jako jsou přepětové ochrany, proudové chrániče atd., často umístěné na kabelových rozvodech fotovoltaiky stejnosměrného proudu. Zároveň samotné kabely musí vykazovat určitou odolnost vůči vlivům, jako jsou teplotní rozdíly, UV záření a mechanické tření, právě kvůli jejich vedení, většinou venkovním prostředím. (Nos, 2018)

Tlačítko STOP patří mezi ochranné prvky fotovoltaiky. Slouží pro vypnutí a dopojení celého fotovoltaického systému, které dle požadavků je umístěno na určených přístupných místech. (Topinfo, ©2024)

4 POŽÁRY FOTOVOLTAICKÝCH ELEKTRÁREN

Veškerá elektrická zařízení, která provádějí elektrický proud, mohou představovat riziko požáru. Nicméně je důležité zdůraznit, že v případě dobře navržených, správně realizovaných a pravidelně udržovaných fotovoltaických systémů jsou rizika minimální a odpovídají očekáváním. (Nos, 2018)

Mnoho fotovoltaických systémů pracuje s vysokými napětími a to 300 až 1000 Voltů, což představuje značné riziko pro život. Během požáru není možné vypnout celý fotovoltaický systém tak, aby bylo zaručeno, že jsou všechny komponenty neaktivní. Ve skutečnosti jsou tyto systémy aktivní tak dlouho, dokud svítí slunce. Proto je hašení vodou v takových situacích omezené kvůli jejich vodivosti. Naštěstí existuje výzkum, který ukazuje, že vodní proudy lze stále použít při požárech fotovoltaických systémů s dodržением specifické bezpečnostní vzdálenosti, zmíněných v Česku v metodické listu 25/P. (Yang, 2015)

Toxické materiály používané ve fotovoltaických systémech jsou dalším nebezpečím při vzniku požárů, protože mohou způsobit znečištění a snížit atraktivitu instalace těchto systémů. (Lee, 2017)

Podle statistik Hasičského záchranného sboru České republiky došlo v období 2021 a 2022, k 44 požárům, které byly spojeny s fotovoltaickými elektrárnami na našem území. Vzhledem k celkovému počtu instalací fotovoltaických systémů, kdy za toto období bylo instalováno přes 150 tisíc nových fotovoltaik, není celkový počet požárů za toto období není vysoký. Z celkového počtu požárů za toto období se jedná zhruba o 0,03 %. (Kašparovský, 2023)

V porovnání s ostatními zeměmi, jako je například sousední fotovoltaická velmoc Německo, kde došlo v roce 2013 k 440 požárům spojeným s fotovoltaickými elektrárnami, přičemž celkový počet těchto instalací se pohyboval kolem 1,3 milionů. Pokud tedy porovnáme počet požárů s celkovým počtem instalací, získáme procentuální hodnotu 0,034 %, což je téměř totožné v případě České republiky. Z těchto statistik můžeme vyvodit, že frekvence požárů odpovídá pravděpodobnostním a prakticky nevyhnutelným chybám způsobeným lidským faktorem, výrobními vadami a vnějšími vlivy. (Nos, 2018)

Podle průzkumu z Japonska, roku 2017 se zjistilo, že z dotázaných 280 hasičů pouze 26 % hasičů mělo zkušenost s účastí na hašení požáru na fotovoltaické elektrárně. Pouze 70 % hasičů souhlasilo s tím, že pravděpodobnost výskytu požáru na fotovoltaické elektrárně je vysoká. Nicméně v průzkumu ohledně rizika nehod spojených s požáry na

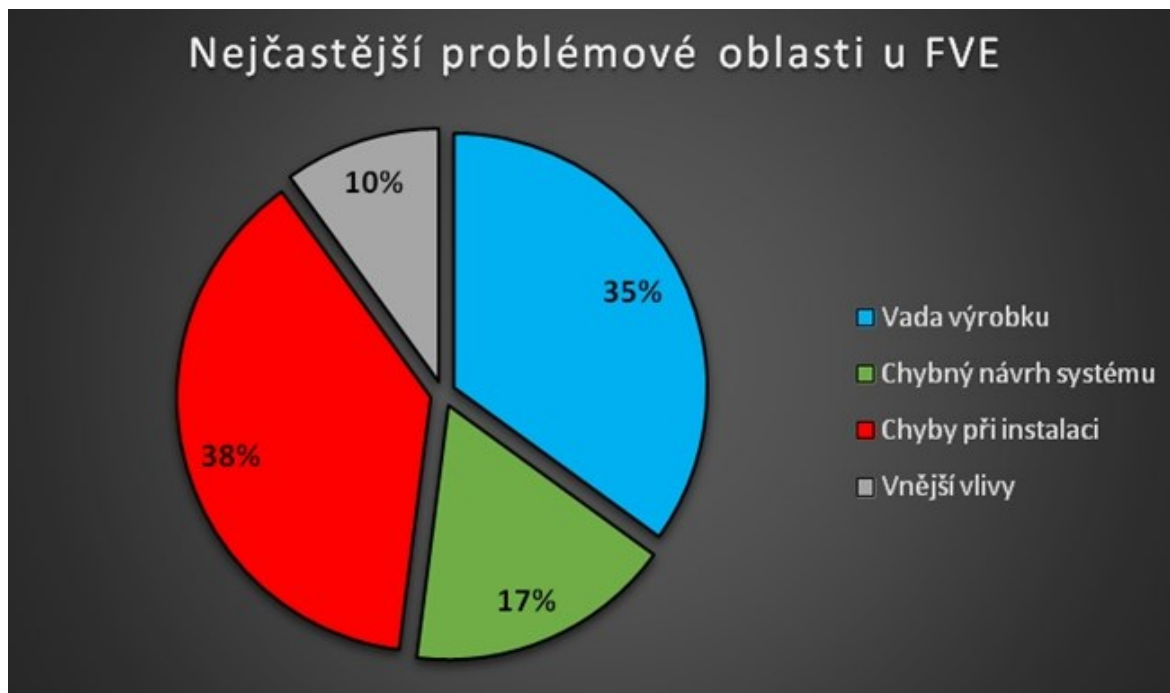
fotovoltaických elektrárnách bylo zjištěno, že 91 % respondentů považuje riziko vzniku požáru na fotovoltaické elektrárně za významné, a pouze 1 % pociťovalo riziko požáru na fotovoltaické elektrárně jako velmi nízké. (Lee, 2017)

Pokud jde o bezpečnostní výkon fotovoltaického systému, podle stejné studie, téměř 97 % respondentů si myslelo, že současný fotovoltaický systém má prostor pro zlepšení, a pouze 1 % považovalo za zbytečné. Pouze 30 % respondentů rozumí přesným standardním operačním postupům během záchrany při požáru fotovoltaického systému. Pokud jde o to, zda by mělo být zařazeno školení z požární bezpečnosti fotovoltaických systémů do běžného výcviku hasičů, že více než 97 % respondentů si myslelo, že by to mělo být zařazeno, ale v současné době je málokdo má. Tyto výsledky naznačují, že většina výcvikových programů potřebuje zlepšení, zejména co se týče výcviku dovedností v oblasti požární bezpečnosti fotovoltaických systémů. (Lee, 2017)

4.1 Příčiny požárů

Hlavním zdrojem problémů jsou často chyby a nedostatky při instalaci fotovoltaických systémů, které jsou následovány vadami komponentů. Dalším faktorem je nevhodný návrh celé technologie nebo jednotlivých částí, také vystavení systémů přímým vlivům vnějšího prostředí se ukazuje jako rizikové. Nelze jednoznačně určit, co je skutečnou příčinou těchto problémů. Může to být kombinace ztížených podmínek při instalaci v exteriéru, časový tlak nebo nedostatečné odborné znalosti osob při zapojování fotovoltaických systémů. K těmto případům můžeme řadit zejména špatné napojení konektorů stejnosměrné části, nevhodné spojování odizolovaných částí kabelů s konektory, nedostatečné nebo úplné opomenutí odlehčení kabeláže, čímž může vzniknout mechanické přetěžování svorek, nedostatečné odizolování kabelových přípojení a nedostatečné utažení svorek a šroubových spojů. (Nos, 2018)

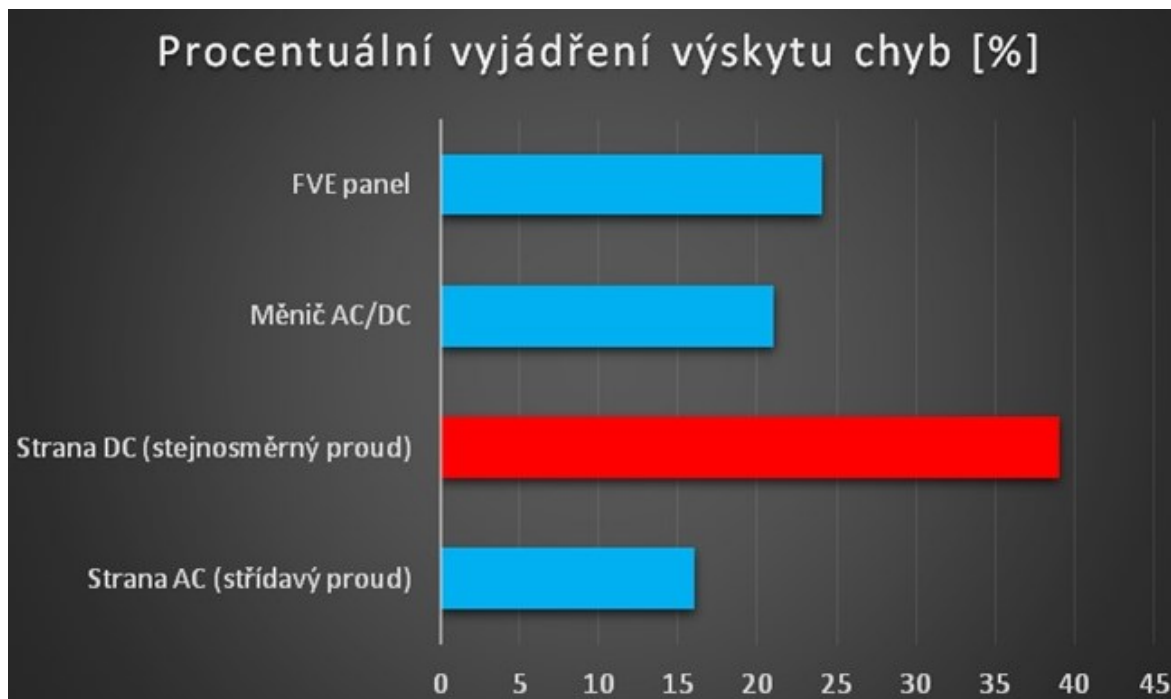
Problémy s výrobkem samozřejmě nejsou vyloučeny, mohou být způsobeny různými faktory, jako jsou výrobní chyby, nevhodný design, složení materiálů a provedení jednotlivých součástí. Časté poruchy, pokud se zaměříme na tuto konkrétní oblast, najdeme samotných fotovoltaických panelech nebo měničích. (Nos, 2018)



Obrázek 3 – Problémové části u fotovoltaických systémů (Nos, 2018)

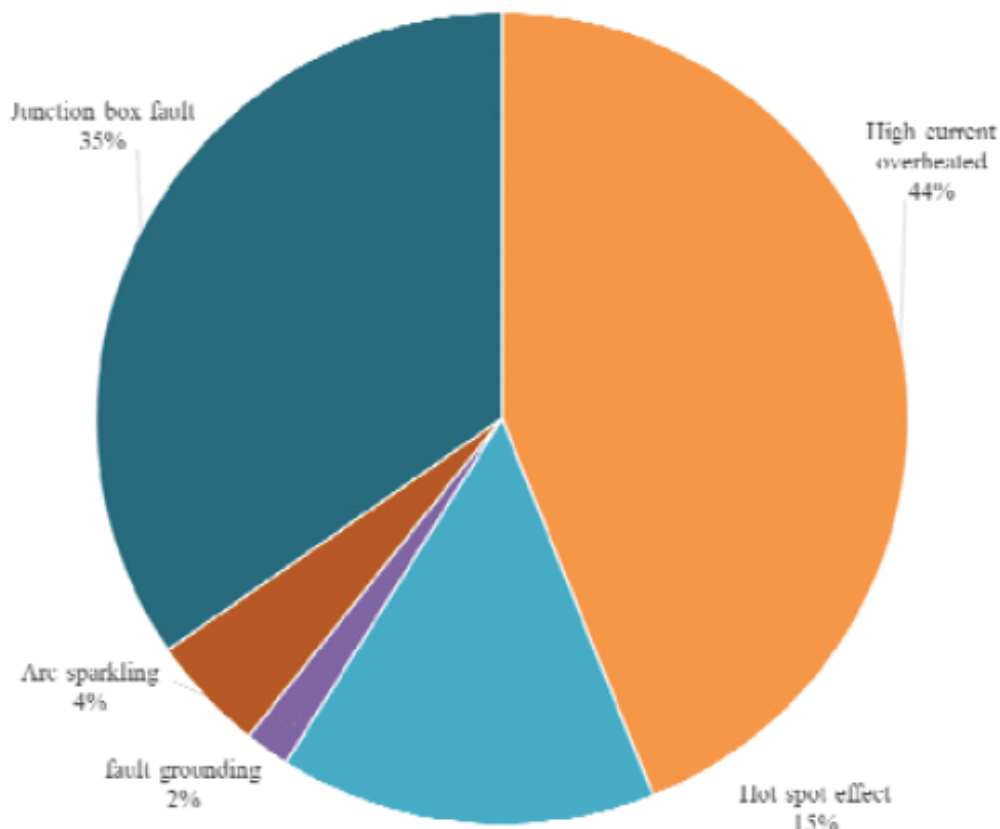
Obecně lze konstatovat, že případy požárů elektrických instalací mnohdy souvisí s přetížením určitého komponentu či spoje a následným zahříváním problémové části. S rostoucí teplotou vodičů se zvyšuje jejich elektrický odpor, což opět přináší další teplotní přírůstky. V extrémních případech je nárůst teploty přetěžované části tak významný, že dochází k tavení izolací a přítomného hořlavého materiálu, což může při vhodných podmínkách vést až ke vzniku požáru. Zvýšení elektrického odporu a následně i teploty je zde způsobeno oslabením průřezu vodiče. Oslabení průřezu vodiče lze očekávat například u nevhodně provedených spojů, kde není napojovaný vodič v potřebném vodivém spojení s vodivou plochou propojované části, kde se nachází například spojení kabel a konektor nebo svorkovnice. (Nos, 2018)

Dalším reálným jevem může být svodový proud, ten vzniká, když je oslabena izolace kabelů. Toto oslabení může být způsobeno tlakem na vodič nebo nevhodným zatížením kabelů, což způsobuje přiblížení vodičů s různými potenciály a ztenčení izolační vrstvy mezi nimi. Pokud je tloušťka izolace oslabena umožňuje teoretický průnik elektrického proudu na místě oslabení. Tento jev nemusí okamžitě způsobit zkrat, ale spíše postupné dlouhodobé zahřívání oslabené části. Pokud teplota dosáhne určité úrovně, oslabená část izolace se může začít uhelnat, což vede k dalšímu snížení izolačních vlastností a tím zvýšení rizika na zkrat. (Nos, 2018)



Obrázek 4 - Výskyt chyb u fotovoltaických systémů (Nos, 2018)

V Japonsku se možné zdroje nehod, spojených s fotovoltaickými požáry, příliš neliší. Nejčastěji se vyskytovaly v obvodu, a to ve frekvenci přibližně 39 %. Podrobnosti o faktorech zapálení způsobujících požáry na fotovoltaických elektrárnách podle respondentů, kde přehřátí při vysokém proudu (44 %) a porucha svorkovnice (35 %) patří mezi nejčastější. (Lee, 2017)



Obrázek 5 - Důvody požárů fotovoltaických panelů (Lee, 2017)

V průběhu minulých let se GSES, firma zabývající se komplexní systémem hodnocení udržitelnosti, účastnila několika míst, kde prováděla investigativní požární inspekce komerčních solárních systémů. Jejich inspektoři během posledních deseti let prohlédli více než 10 000 solárních fotovoltaických systémů připojených k síti. Závěry z těchto návštěv naznačují, že požár může hlavně způsobit průnik vody nebo uvolněné spoje u izolačních obalů rozvodů na střechách. (GSES, 2022)

Konkrétní případy jejich šetření jsou hlavně instalační problémy jako například:

- Nesprávné upevnění izolace vodiče. To umožnilo postupné pronikání vody na spojovacím místě nebo také pohyb.
- Použití nevhodných nebo žádných kabelových krytů. Musí být použity krytky s otvory pro kabely a přebytečné otvory, které nejsou použity, musí být zaceleny.
- Nesprávné průniky izolačních obalů rozvodů. Vrtání otvorů do obalu bez jejich utěsnění vhodnými produkty. Průniky provedené kdekoliv jinde, než na dolním povrchu obalu mají zvýšené riziko propouštění vody na komponenty nebo dokonce hromadění vody v obalu.

- Příliš utažené šrouby vedoucí k prasknutí izolačního obalu nebo uvolněné šrouby vedoucí k nedostatečnému utěsnění, což umožňuje pronikání vody. (GSES, 2022)

Bez správných instalačních metod pro udržení odolnosti proti vnikání vody do izolačních obalů izolátorů se může voda hromadit se uvnitř obalu izolačního obalu, což způsobuje korozi svorek a v případě zaplavených izolačních obalů i poškození vnitřních součástí. Když izolační obal v takovémto stavu přenáší proud, zvyšuje se odpor na místech, kde došlo ke korozi, což způsobuje zvýšení tepla v lokalitě, který nakonec může vést k požáru. (GSES, 2022)

4.2 Reakce na požár

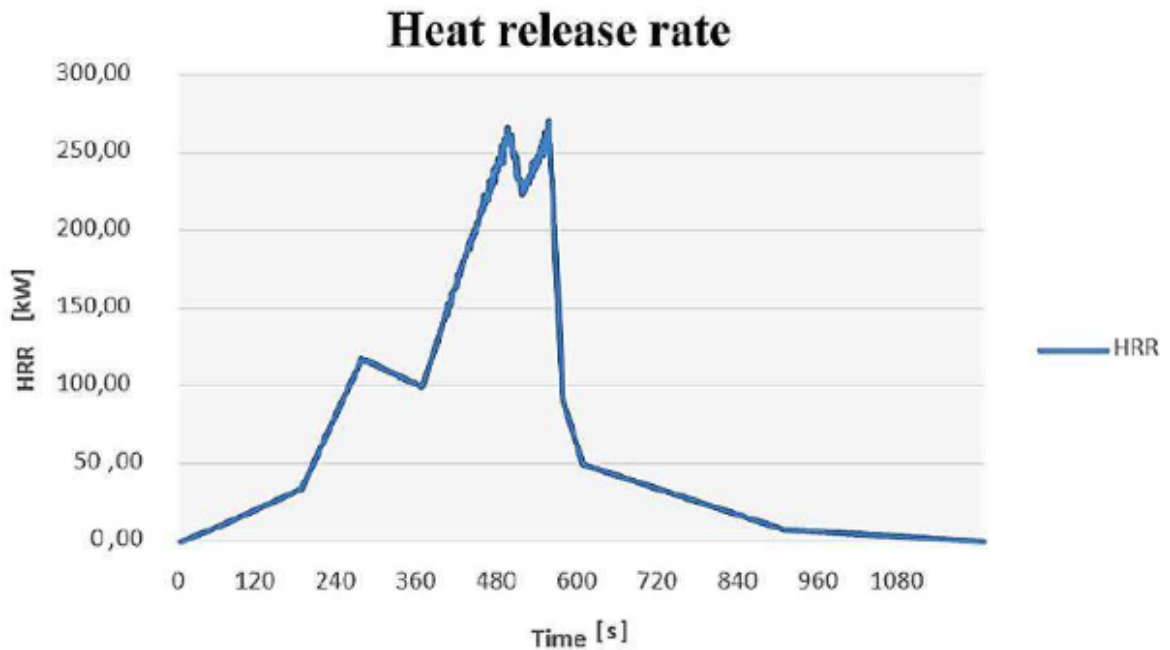
Reakce na oheň závisí na velikosti žáru, tepelného stresu a na úhlu náklonu panelu. Interní požární test odhalil větší poškození u polykrystalického modulu kvůli delšímu a intenzivnějšímu hoření plastové fólie na jeho zadní straně. Poškození skla nebylo zjištěno kvůli absenci jeho prasknutí a probití během testu. Naopak externí požární test odhalil prohoření fotovoltaiky po 7 minutách. Poškozená oblast je vnitřním požárem výrazně menší než u vnějšího požáru. (Iringova, 2022)

Panely jsou zpravidla opatřeny ochranným hliníkovým nebo duralovým rámem a kryty speciálním temperovaným sklem. Tato opatření chrání panely před povětrnostními podmínkami a mechanickým namáháním. Ze zadní strany jsou panely chráněny dalším materiálem, například laminátovou deskou. Může se jednat například o materiál na bázi tedlaru, což je směs polyvinylidenfluoridu a polyetyléntereftalátu. Mezi horní a spodní krycí vrstvou panelů bývá dále použit výplňový materiál, který přímo přiléhá k samotným fotovoltaickým článkům. Tento materiál reprezentuje například průsvitná plastová folie z etylvinylacetátu. (Nos, 2018)

Vystavení materiálů vysokým teplotním tokům by bylo velmi nebezpečné. Fotovoltaické panely ve zkouškách vzplanou teplotními toky vyššími než 650 °C, což lze snadno dosáhnout teplotními toky plamene při skutečných požárech. Kdy požáry v obytných domech typicky dosahují teplot plamene v rozmezí 800–900 °C pro požáry střech a v rozmezí 900–1000 °C pro požáry zahrnující celý dům. (Yang, 2015)

Provedený požární test odhalil, že fotovoltaické panely jsou zápalnými zařízeními a mohou způsobit požár v budově. Intenzita tepelné radiace v době požáru je relativně nízká, takže fotovoltaické panely nejsou rizikem pro šíření požáru. Hranice oblasti ohrožené požárem pro

kritický scénář požáru s tepelnou radiací $18,5 \text{ kW/m}^2$ z fotovoltaického panelu natočeného pod úhlem 23° je asi 1 m. Test klasifikoval z hlediska reakci na požár fotovoltaické panely jako B2 nebo B1. Není možné je klasifikovat jako A pouze proto, že jejich modul obsahuje plast. (Iringova, 2022)



Obrázek 6 – Uvolňování tepla fotovoltaiky (Iringova, 2022)

Sklo na krytu fotovoltaického modulu se může rozpadat na kousky při hoření, což následně ztěžuje zásah hasičů, s pravděpodobností zranění. Navíc, když se solární panel taví pod vlivem externího teplotního toku, bude během požárů fotovoltaických panelů docházet ke kapání, což umožní šíření požáru. (Yang, 2015)

5 DÍLČÍ ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI

V České republice se právní úprava fotovoltaiky teprve formuje. O novém více konkrétním právním rámci můžeme diskutovat až v nedávných letech. Určení preventivních opatření pro instalaci fotovoltaiky se proto jednalo spíše o běžné postupy instalací elektrických zařízení.

Jako standardizovaný postup a metody pro zásah při požáru fotovoltaických elektráren Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky vydalo řadu metodických listů. Jelikož v tomto případě téma prokazovalo mnohem větší rozdíl než u preventivních prvků instalace.

Samotné fotovoltaické panely se jevíly atraktivní pro širokou veřejnost až v 70. letech 20. století, kdy se zvýšil zájem o obnovitelné zdroje energie. Následoval pokrok v efektivitě a snížení nákladů na fotovoltaické elektrárny, tím se dále rozšiřovala atraktivita s nejvíce vnímaným „boomem“ v České republice za období 2002 až 2008. Dá se tedy konstatovat, že je jedná o relativně nově používanou technologii.

Z tohoto důvodu je dobré porozumět rizikům při požáru fotovoltaik. Mezi tyto obtíže se může řadit stále proudící elektrický proud, i po odpojení, ve stejnosměrné části obvodu a toxické materiály použité ke konstrukci fotovoltaických elektráren.

Pokud se podíváme na časté příčiny požárů fotovoltaických systémů, většina zkoumání usuzuje jako důvod požáru nesprávnou instalaci a údržbu. Podle požárních průzkumů se často opakovalo špatné utěsnění, které umožňuje vnikání vody, což může způsobit korozi a zvýšit riziko požáru, zároveň se špatnou izolací kabeláže vedoucí elektrickou proud fotovoltaické elektrárny. Problémy s výrobky samozřejmě nejsou vyloučeny.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

v technologické místnosti a připojen k elektrické síti. Po připojení se provádí zprovoznění a testování celého systému a následně se monitoruje a pravidelně udržuje, aby se zajistila dlouhá životnost a optimální výkon. V neposlední řadě bude vypracován technický list fotovoltaické elektrárny, které poskytují nezbytné informace o komponentech a vedení fotovoltaiky.

6.1 Konstrukční řešení fotovoltaiky

Konstrukční řešení fotovoltaického systému na modelovém objektu je založen na běžném postupu instalace fotovoltaiky, zohledňující zmiňovaný právní rámec. Instalované prvky nepředpokládají žádné stavební úpravy ani zásahy do konstrukce střechy, podlah či dlažby. Připojení do elektrické sítě objektů je uvažováno s využitím stávajících kabelových tras, nově jsou instalovány pouze přívodní kabely nově instalovaných prvků.

Na objektu budovy musí být v 2. podlaží provedeno vytvoření technické místnosti, kde budou umístěny akumulátory, rozvaděč a měnič. Místnost má půdorys místnosti 16 m². Jedná se o prázdnou místnost s oknem a dveřmi v rozměrech 1x0,7 m. Dveře jsou vyrobeny z dřeva a splňují požární odolnost DP3, stěny pak splňují požární odolnost DP3 a jsou vyrobeny z dřeva.

Panely budou umístěny na střeše budovy, s nastavením optimálního sklonu pro maximalizaci využití sluneční energie. Konstrukce fotovoltaického panelu musí být z materiálu třídy reakce na oheň A1 nebo A2 s výjimkou stínící folie a izolačních hmot sklo, hliníkový rám. Nosná konstrukce, na níž je umístěný fotovoltaický panel musí být provedena z hliníkových profilů a z materiálu třídy reakce na oheň A1, podle vyhlášky č. 114/2023 Sb. (Česko, 2023)

Zákon č. 458/2000 Sb. o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích dále definuje podmínky pro instalaci fotovoltaických elektráren a určuje ochranné pásmo jako „souvislý prostor vymezený svislými rovinami vedenými v kolmé vzdálenosti 1 metru od vnějšího líce obvodového zdiva budovy, na které je výrobná elektrárna umístěna.“ (Česko, 2000)

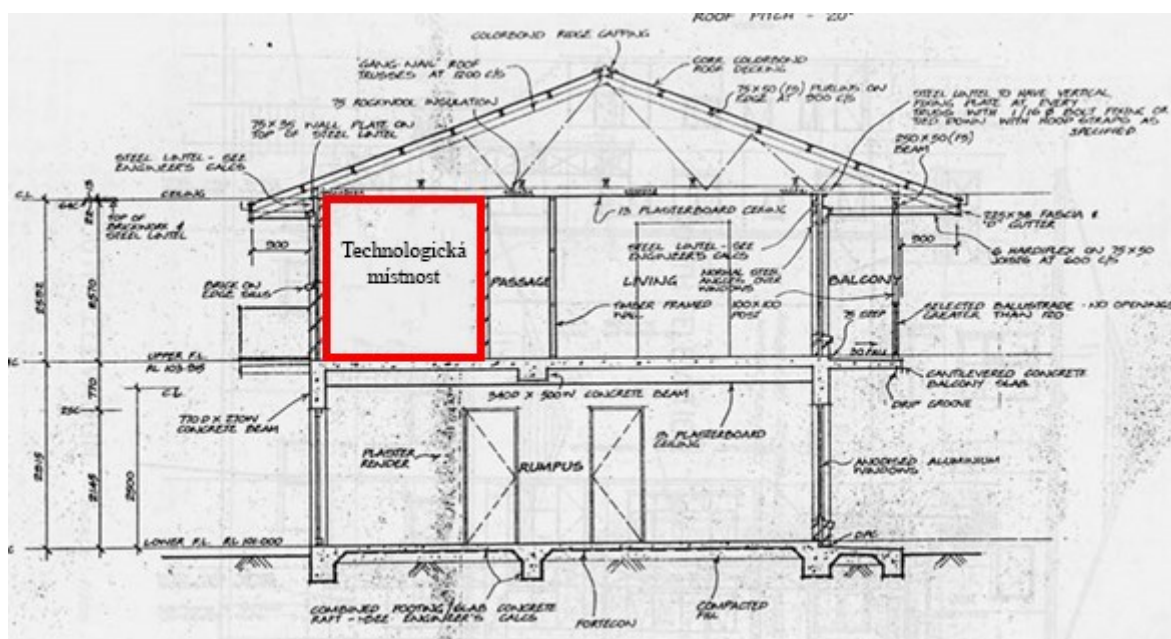
Od panelů budou vedeny kabely stejnosměrného proudu do rozvaděče, trasa je vedena prostupem stěnou do místnosti, prostup kabelového rozvodu požárně dělicí konstrukcí musí být utěsněn, dle vyhlášky č. 114/2023 Sb. Dále budou umístěny svodiče přepětí a pojistkové

odpojovače panelů. Volně vedené kabely a vodiče musí splňovat třídu reakce na oheň B2. (Česko, 2023)

Propojovací vodiče mezi jednotlivými panely na střeše budou přichyceny přímo na nosné konstrukci, případně v uzavřených kovových žlebach oddálených od povrchu střechy, aby nemohlo dojít k přenosu tepla a odkapávání hořících částí v případě hoření kabelů. Vnitřní vedení jsou realizována na kabelových rošttech nebo nástěnných žlebach/trubkách.

Dále pak pokračují tyto kabely do měniče, který je umístěn v těsné blízkosti. Z měniče přes rozvaděč pokračuje proud do budovy. Pro účely měření spotřeby/dodávky musí být zajištěno propojení měniče s rozvaděčem v budově, kde je prováděno měření na výstupu.

Měniče musí být vybaveny vnitřním zařízením pro sledování kvality a stavu sítě s přiřazeným vypínacím prvem, který je zároveň i rozpadovým místem v případě vybočení z nastavených hranic. Ochrana musí být nastavena podle pravidel provozování distribuční soustavy. Nastavení se provede konfigurací střídače podle země připojení. V Instalované měniče musí být vybaveny plynulou, nebo diskretní říditelností dodávaného výkonu do elektrizační soustavy umožňující změnu dodávaného výkonu výroby.



Obrázek 8 - Určení technologické místnosti v objektu (Vlastní, 2024)

Elektrické zařízení bude během instalace bude prohlédnuto, individuálně vyzkoušeno a bude provedena výchozí revize. Individuální zkoušky budou provedeny jako součást montáže, přičemž budou přezkoušeny mechanické i elektrické funkce jednotlivých zařízení. Během individuálních zkoušek budou prováděny i výchozí revize elektrozařízení. Ve stanovených

lhůtách je nutno provádět periodické revize elektrického zařízení. Zařízení smí obsluhovat pouze osoby s minimální kvalifikací, jak je dané v zákoně 406/2000 Sb. (Česko, 2000)

Elektrická zařízení musí být před uvedením do provozu vybavena bezpečnostními tabulkami a nápisy předepsanými pro tato zařízení příslušnými zařizovacími, nebo předmětovými normami. Na viditelném místě budou také umístěny tabulky „Pozor zpětný proud!“ a „Elektrický zdroj!“.

7 ANALÝZA BEZPEČNOSTI OBJEKTU

Analýza bezpečnosti objektu s fotovoltaickým systémem odhaluje několik klíčových oblastí rizika. Fotovoltaické panely mohou zvýšit pravděpodobnost vzniku požáru v důsledku tepelného zahřívání a elektrických zkratů. Je důležité zajistit správnou instalaci systému, což může ochránit majetek před nechtěnými požáry, naopak zanedbávání údržby a kontroly fotovoltaiky může mít za následek zvýšené riziko požáru.

7.1 Požární zatížení

V České republice je požární zatížení stanoveno jako klíčový parametr pro posouzení požárního nebezpečí. Toto zatížení může být ovlivněno množstvím a typem hořlavých materiálů v prostoru, jejich umístěním a distribucí, stejně jako rychlostí šíření požáru. Čím vyšší je požární zatížení, tím rychleji může požár získat na intenzitě a šířit se prostředím. Proto je důležité zohlednit požární zatížení při návrhu a provozu staveb, a tak minimalizovat riziko vzniku a šíření požáru. Podle normy ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb - Nevýrobní objekty nesmí dojít o zvýšení požárního rizika o více než $15 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$. (Hejtmánek, 2016)

P_n značí nahodilé požární zatížení, pokrývá všechny hořlavé materiály, které se nacházejí v prostoru ohniskového úseku a jsou součástí provozu, jako je nábytek, vybavení a dekorace. Pro naši modelovou situaci máme určenou technologickou místnost bez ostatního vybavení.

P_n – nahodilé požární zatížení – ČSN 73 0802; příloha A = $15 \text{ kg}/\text{m}^2$.

P_s značí stálé požární zatížení, zde zjišťujeme hořlavé látky, které jsou součástí trvale instalovaných konstrukcí. V našem případě se může jednat o konstrukci střechy, dveře a okenní rámy, a případné další pevné konstrukce. Nejčastěji se tedy potkáme s okny, dveřmi nebo podlahy. Přičemž stálé požární zatížení v požární úseku do 500 m^2 se bere pro okna $3,0 \text{ kg}/\text{m}^2$, pro dveře $2,0 \text{ kg}/\text{m}^2$ a pro podlahy $5,0 \text{ kg}/\text{m}^2$. (Hejtmánek, 2016)

V modelovém případě počítáme se skutečností kdy měnič a akumulátor jsou v uzavřené místnosti se stěnami DP1, dřevěnými dveřmi DP3, oknem $1 \times 0,7 \text{ m}$ s dlážděnou podlahou. Pak: $P_s = 3 + 2 + 0$; $P_s = 5 \text{ kg}/\text{m}^2$.

Výpočet samotného požárního zatížení pak zohledňuje zároveň další parametry, jako je rychlost odhřívání materiálu, přístup vzduchu a případné vybavení požárně bezpečnostních prvků.

Součinitel [a] zohledňuje právě rychlost odhřívání materiálu uvnitř požárního úseku. Jedná se tedy o druh použitého materiálu. (Hejtmánek, 2016)

Z tabulky stejné normy ČSN 73 0802, vyčteme nahodilý součinitel pro rychlost odhřívání, $a_n = 0,9$, stálý součinitel pro odhřívání je pak $a_s = 0,9$.

Na tomto základě dokážeme odvodit i součinitel pro nahodilé požární zatížení:

$$a = (P_n * a_n + P_s * a_s) / (P_n + P_s) = (15 * 0,9 + 5 * 0,9) / (15 + 5) = 0,9.$$

Součinitel [b] potom zohledňuje možnosti přístupu vzduchu, například pomocí větracích otvorů. Lze říci, že čím větší plochu otvor zaujímá, tím menší hodnotu součinitel b má, jelikož se snižuje požární riziko a zlepšuje se schopnost odvětrávání. (Hejtmánek, 2016)

Pokud víme, že:

- plocha půdorysu místnosti 16 m^2 ,
- celková plocha otvíravých otvorů je $0,7 \text{ m}^2$,
- výška otvoru je $0,7 \text{ m}$,
- součinitel geometrického uspořádání místnosti si určíme z ČSN 73 0802 například $0,0272$,

pak:

$$b = (16 * 0,0272) / (0,7 * \sqrt{0,7}) = 0,4352 / 0,585662 = 0,7430907.$$

Součinitel c je pak instalace požárně bezpečnostních zařízení v požární úseku. (Hejtmánek, 2016)

Jelikož není běžné mít tyto prvky v rodinných domech, i v této modelové není žádný prvek požárně bezpečnostního zařízení.

Celkové požární zatížení pak dostaneme vzorcem: $P = (P_n + P_s) * a * b * c$.

V tomto případě při dosazení dostaneme: $P = (15 + 5) * 0,9 * 0,7430907 = 13,376 \text{ kg/m}^2$.

Z hlediska požární bezpečnosti je změna místnosti zařazena do skupiny I., kdy nedochází ke zhoršení podmínek pro evakuaci osob nebo pro zásah jednotek požární ochrany. (Hejtmánek, 2016)

Místnost, při těchto parametrech, vyhovuje pro tento účel.

7.2 Řízený rozhovor

Rozhovor zkoumá různé aspekty této problematiky, včetně bezpečnostních opatření, existujícího právního rámce a také praktických zkušeností s instalací fotovoltaických systémů. Představíme si několik klíčových otázek, na které je zodpověděno od příslušníka Hasičského záchranného sboru České republiky, v oboru stavební prevence. Příslušník Hasičského záchranného sboru České republiky nechtěl být zmiňován.

Byly provedeny menší úpravy odpovědí příslušníka HZS, které avšak nemění smysl odpovědí. Úpravy byly provedeny z důvodu lepšího přehledu a srozumitelnosti odpovědí na položené otázky.

1. Jak dlouho svoji činnost vykonáváte?

„Na pozici u HZS v oboru stavební prevence jsem od roku 2019.“

2. Setkáváte se často s instalací fotovoltaických elektráren?

„Instalace fotovoltaických elektráren je relativně běžnou praxí. Jedním z hlavních faktorů může být podpora od státu při instalaci. Dalším třeba i zájem o energetickou soběstačnost.“

3. Jaká je četnost požárů fotovoltaických elektráren?

„Četnost požárů fotovoltaických elektráren je relativně nízká ve srovnání s jinými typy požárů. I když není možné vyloučit úplně riziko, moderní technologie a bezpečnostní opatření výrazně snižují pravděpodobnost vzniku požáru.“

4. Je v České republice právní rámec pro instalaci fotovoltaiky dostačující?

„Právní rámec pro instalaci fotovoltaiky v České republice je obecně považován za dostačující, nicméně existují určité oblasti, ve kterých lze vylepšit a upravit platný právní rámec. Avšak Česká republika tuto oblast v posledních letech zmenšuje, provedením několika pozitivních změn a úprav pro bezpečnost instalace. Právě instalace je mnohdy kámen úrazu. I když předpisy zajišťují, že instalace jsou prováděny odborně a bezpečně. Často můžeme v praxi vidět až skoro na životě ohrožující provedení.“

5. Jaké jsou hlavní bezpečnostní výzvy při instalaci fotovoltaických elektráren?

„Mezi hlavní bezpečnostní výzvy patří zajištění správného zapojení a izolaci elektrických komponentů. Dále se dá hovořit o bezpečnosti pracovníků, zejména při práci na střechách, kdy je nezbytné dodržovat bezpečnostní opatření proti pádům... Ochrana proti vandalismu a krádežím je dalším faktorem, který se zohledňuje pro ochranu investic a zajištění bezpečnosti zařízení.“

6. Jaké jsou běžné chyby při instalaci a údržbě fotovoltaických systémů?

„Běžné chyby zahrnují nedostatečnou kontrolu spojů, ignorování malých nesrovnalostí ve výkonnosti a zanedbávání čištění panelů.“

7. Jaké jsou specifické výzvy požárního rizika fotovoltaických systémů?

„Hlavním požárním rizikem je, že i po odpojení elektrické sítě jsou solární panely pořád pod napětím, dokud na ně svítí, což představuje riziko elektrického úrazu pro hasiče. Proto musí být základem zajistit přístupné a rychlé odpojení od systému.“

„Další výzvou může být zajištění, že střecha může nést váhu fotovoltaického systému bez rizika poškození při požáru.“

„...je důležité pečlivě řešit vedení elektrických kabelů, aby nedocházelo k jejich mechanickému poškození nebo přehřívání, které by mohlo způsobit požár“

8. Co je potřeba pro integraci fotovoltaických systémů do stávajících elektrických sítí?

„Integrace do stávajících sítí vyžaduje plánování pomocí technické zprávy a požárně bezpečnostního řešení, aby se zabránilo přetížení. Správně navržené připojení musí zahrnovat ochranu proti přepětí a správné dimenzování vodičů, aby se předešlo rizikům spojeným s přetížením a vysokými teplotami.“

9. Jaký dopad mají extrémní povětrnostní podmínky na bezpečnost fotovoltaických systémů?

„Mohou způsobit mechanické poškození nebo elektrické poruchy v systému. Proto je vhodné při návrhu a instalaci vybrat komponenty, které jsou schopné těmto podmínkám odolat.“

10. Existují nějaké speciální požadavky nebo předpisy pro umístění fotovoltaických systémů v oblastech s vysokým rizikem přírodní pohromy?

„Ano, v těchto oblastech musí být fotovoltaické systémy navrženy tak, aby odolaly extrémním povětrnostním podmínkám a přírodním katastrofám. To může zahrnovat posílení montážních systémů, použití odolnějších materiálů a speciální konstrukční úpravy, které zajistí integritu systému i při větrných náporech.“

11. Existují nějaké technologické inovace, které zvyšují bezpečnost fotovoltaických systémů?

„Ano, například novější fotovoltaické panely mají vylepšené bezpečnostní funkce, jako jsou lepší systémy pro detekci a izolaci závad, které rychle odpojí poškozené části systému od zbytku sítě. Dále jsou k dispozici technologie pro monitorování a diagnostiku, které v reálném čase sledují výkon a potenciální problémy systému.“

12. Jaké kroky by měli podniknout majitelé fotovoltaických systémů na obytných domech, aby se připravili na možný vznik požáru?

„Majitelé by měli mít jasně stanovený technický list o informacích fotovoltaiky, který zahrnuje informace o tom, jak rychle odpojit systém a koho kontaktovat v případě potřeby. Dále je důležité, aby všichni, kdo mají přístup k systému, byli řádně proškoleni o bezpečnostních rizicích a správných postupech v krizových situacích.“

13. Jaké jsou běžné postupy složek HZS při zásahu u požáru fotovoltaiky?

„Když přistupujeme k požáru fotovoltaiky, prioritou je nejen potlačení plamenů. Často se používá postupného zasahování, kde se zpočátku neutralizuje nebezpečí elektrického proudu a následně se klasicky hasí samotný požár. Klíčová informace k tomuto kroku je o technických aspektech zařízení, pro lokalizaci vypnutí generovaného elektrického proudu.“

14. Jaká opatření doporučujete podniknout pro uživatele fotovoltaických systémů ke zlepšení bezpečnosti?

„Uživatelé fotovoltaiky by měli zajistit, že jejich systémy jsou instalovány a pravidelně kontrolovány a udržovány profesionály...“

„...instalovat bezpečnostní prvky, jako jsou požární přepínače a detektory kouře do místnosti s fotovoltaickým zařízením.“

7.3 Vyhodnocení řízeného rozhovoru

Cílem řízeného rozhovoru je poskytnout odborné informace o tom, jak zajistit, aby instalace fotovoltaiky v rodinných domech byla provedena efektivně a zároveň bezpečně s ohledem, aby usnadnila postup jednotek požární ochrany.

Z rozhovoru vyplynulo, že instalace fotovoltaických systémů se v České republice stala běžnou součástí energetického průmyslu. Důvodem je nejen státní podpora zaměřená na obnovitelné zdroje, ale i rostoucí trend energetické soběstačnosti u obyvatelstva. V průběhu rozhovoru bylo dále zjištěno, že vývoj a úpravy v právním rámci, týkající se instalace fotovoltaických systémů, byly v posledních letech kladně hodnoceny. Přesto i nadále existují oblasti, kde je třeba právní regulaci zpřesnit nebo rozšířit, zejména co se týče konkrétních technických a provozních aspektů instalace a údržby fotovoltaických systémů.

Přestože instalace solárních panelů přináší mnoho výhod, neobejdou se bez rizik, přičemž požáry fotovoltaických elektráren jsou sice vzácným, ale závažným problémem. Zdůrazněna byla potřeba důsledného monitorování a kontroly kvality elektrických spojů, jakož i důležitost preventivní údržby solárních panelů.

Ačkoliv požáry fotovoltaických elektráren jsou vzácnou situací, jsou závažným problémem. Hrozby pro tuto situaci jsou vzniklé nekvalitním zapojením a izolací elektrických komponent. Je zdůrazněna potřeba důsledného instalování, monitorování a kontroly kvality elektrických spojů, jakož i důležitost preventivní údržby solárních panelů.

Také byla diskutována specifika požárů fotovoltaických systémů. Fotovoltaické panely mohou být zdrojem nebezpečí i během požáru, jelikož mohou zůstat pod napětím, což zvyšuje riziko elektrického úrazu pro hasiče v průběhu zásahu. Proto je důležité, aby byly systémy navrženy s možností rychlého odpojení v případě nouze.

Rozhovor poskytl také náhled na oblasti, které byly identifikovány jako klíčové pro další rozvoj a vylepšení. Mezi tyto zdokonalení patří například zlepšení technických norem a pravidel pro instalaci fotovoltaických systémů, zvyšování povědomí a vzdělání pracovníků v oblasti fotovoltaické instalace a také implementace požárně bezpečnostního zařízení.

7.4 Matice rizik

Matice rizik představuje klíčovou metodu v rámci bezpečnostního managementu, která se využívá k hodnocení a klasifikaci rizik. Tento nástroj umožňuje systematické kvantifikování a vyhodnocování potenciálních nebezpečí, jež mohou působit na určitý objekt nebo systém. V kontextu diplomové práce byla matice rizik aplikována k identifikaci a prioritizaci rizik spojených s provozem fotovoltaických elektráren. (Co je matice rizik, ©2023)

Důležitým aspektem matice rizik je její schopnost poskytnout přehledné zhodnocení rizik. To je zajištěno díky dvěma osám, které jsou definované pro účely hodnocení – jedna osa reprezentuje pravděpodobnost výskytu rizika a druhá osa zobrazuje potenciální dopad rizika. Tato metoda umožňuje rizika nejen kvantifikovat, ale také kategorizovat podle míry závažnosti, což usnadňuje stanovení priorit a vytváření akčních plánů pro minimalizaci nebo eliminaci těchto rizik. (Co je matice rizik, ©2023)

Rizika jsou dále rozdělena do skupin podle jejich priorit, což umožňuje snadno identifikovat oblasti, kterým je třeba věnovat zvýšenou pozornost a zdroje. Tento proces je nezbytný pro rozvoj strategií a postupů, které zajišťují ochranu majetku a zdraví lidí v případě vzniku nepříznivých událostí. Výsledkem hodnocení rizik pomocí matice rizik je vytvoření hierarchie rizik, která je poté aplikována při navrhování bezpečnostních opatření a při tvorbě plánů pro reakci na mimořádné události. (Co je matice rizik, ©2023)

Matice rizik je jedním z přístupů k hodnocení rizik v rámci bezpečnostního managementu, které nám umožňuje systematicky kvantifikovat a vyhodnotit různá rizika, která mohou ohrozit určitý objekt.

Princip matice rizik spočívá v přidělení bodů jednotlivým rizikovým faktorům na základě jejich pravděpodobnosti výskytu a závažnosti následků.

Po přidělení bodů jednotlivým faktorům je provedeno jejich součin, což umožňuje určit celkové riziko. Na základě této analýzy lze pak identifikovat nejnaléhavější rizika, která vyžadují prioritní opatření. (Guard7, 2022)

Pro účely naší modelové situace je zvoleny 3 stupně závažnosti a to:

- 1 – nehrozí přímé nebezpečí objektu a problém není nutné řešit ihned.
- 2 – objekt je v ohrožení a vzniklou situaci je nutné ihned řešit.
- 3 – objektu rizikem hrozí kompletní likvidace.

Dále určená pravděpodobnost je v závislosti:

1 – nepravděpodobné.

2 – možné.

3 – pravděpodobné.

4 – očekávané.

Přijatelnost celkového rizika je pak určena na základě součinů závažnosti a pravděpodobnosti a to:

Tabulka 1 – Přijatelnost rizika (Vlastní, 2024)

	Závažnost rizika		
Pravděpodobnost výskytu	1	2	3
4	4	8	12
3	3	6	9
2	2	4	6
1	1	2	3

Podle tabulky bereme riziko od 1-2 jako přijatelné riziko, kdy není potřeba učinit kroky k opatření.

Riziko v rozmezí 3-6 jako přechodné riziko, kdy není nutné okamžité opatření, ale je zvýšené riziko, dokud toto opatření nezavedeme.

A riziko od 7 a výš je nepřijatelné riziko, které určuje, že musíme okamžitě zavést opatření nebo, v tomto případě, nepoužívat fotovoltaiku.

7.5 Hodnocení rizik

Hodnocení rizik je systematické použití informací k odhadu pravděpodobnosti a důsledků rizik spojených s daným rozhodnutím nebo plánovanou aktivitou. Primárním cílem hodnocení rizik je poskytnout podklady pro rozhodování, umožňující přijímat opatření ke snížení rizika na přijatelnou úroveň a řízení těchto rizik efektivnějším způsobem.

V první fázi analýzy je nezbytné identifikovat potenciální zdroje rizika. Do identifikace rizik je zahrnuto shromažďování dat řízeným rozhovorem a rešerší potenciálních nebezpečí z přechozích případů. U fotovoltaických systémů instalovaných na rodinných domech může dojít k požáru v důsledku elektrických závad, nesprávné instalace, poruch komponentů, nevhodné údržby, přetížení systému, vnějších vlivů jako jsou blesky, nebo poškození panelů.

Pro posouzení pravděpodobnosti výskytu těchto nebezpečí a potenciálních důsledků pro obyvatele domu a samotnou strukturu. To vyžaduje znalost aktuálních technických standardů fotovoltaických systémů, požárně bezpečnostních předpisů, ale také pochopení specifických podmínek daného objektu.

Konkrétní rizika na fotovoltaickou elektrárnu jsou určena na základě již zmíněných průzkumů a řízeného rozhovoru. Dále jsou vypsány důsledky těchto rizik, založené na provedeném průzkumu v textu. Poté je na rizika aplikováno hodnocení popsané u matice rizik, tím dostaneme závažnost rizika. V neposlední řadě můžeme v tabulce najít návrhy na minimalizaci tohoto rizika, které jsou podrobněji popsána v kapitole návrhy na opatření.

Tabulka 2 – Rizika fotovoltaické elektrárny (Vlastní, 2024)

Posuzovaný objekt	Nebezpečí	Závažnost	Pravděpodobnost	Riziko	Opatření
Blesk	Zásah fotovoltaického panelu	2	2	4	Hromosvod
Přísun vyššího proudu	Přehřátí kabelů	2	3	6	Měnič schopný regulace
Porucha svorkovnice	Porušení izolačního obalu	2	3	6	Preventivní kontroly, pořízení hasícího přístroje
Hot spot efekt	Porucha solárního panelu	1	2	2	Doplnit panely řadiči pro optimalizaci a monitoring
Porucha měniče	Přetížení elektrické sítě	2	2	4	Instalovat jistící prvky a nezávislé STOP tlačítko.
Zkrat	Požár	3	2	6	Instalace požárně bezpečnostních zařízení
Porucha akumulátorů	Vznícení	3	1	3	Použít vhodnou technologii akumulátorů

Prvním zmíněným rizikem je zasažení fotovoltaiky bleskem. Musíme si uvědomit, že fotovoltaika je vodivá, kovová konstrukce na střeše objektu, s tím stoupá i pravděpodobnost že blesk zasáhne část fotovoltaiky. Při zásahu bleskem fotovoltaického systému může docházet k požárům a vážnému poškození zařízení, včetně solárních panelů a jeho systémů, což může vést k nákladným opravám a nahrazení součástí. Tento scénář je obzvláště

nebezpečný v suchých a hořlavých prostředích, kde by požáry mohly způsobit rozsáhlé škody. Do rizik musíme zahrnout také poškození samotných budov, do kterých je fotovoltaický systém integrován, což může vést k poškození elektrických rozvodů a vznik zkratu, strukturálním poškozením nebo dalším problémům.

Vznik vysokého proudu v elektrickém vedení může být způsobeno řadou problémů. Příklady těchto problémů se můžou týkat vadného měniče nebo poruchu na samotném elektrickém vedení nedodržením postupů správné instalace. Toto riziko představuje různá nebezpečí a problémy, včetně možnosti požárů způsobených přetížením elektrického systému, rizika úrazů elektrickým proudem při manipulaci s komponenty systému bez dostatečných bezpečnostních opatření, poškození zařízení v důsledku nadměrného proudu a možného úniku elektrické energie do okolí, což může ohrozit lidi a zvířata v blízkosti a poškodit majetek.

Porucha svorkovnice je u fotovoltaických systémů častým případem vzniku požáru, kvůli porušení izolačního obalu. Proto představují potenciální nebezpečí v elektrických instalacích, kde svorkovnice slouží k spojení elektrických vodičů. Poruchy mohou zahrnovat neúplné nebo nedostatečné spojení vodičů, které může vést k přehřátí a následně ke vzniku požáru. Dalším rizikem je nesprávné utažení svorek, což může vést k uvolnění spoje a zvýšení elektrického odporu, což může způsobit zahřívání a požár. Je důležité pravidelně kontrolovat stav svorkovnic a provádět údržbu, aby se minimalizovalo riziko poruchy a zachovala se bezpečnost elektrických systémů.

Riziko „hot spot“ efektu u solárních panelů představuje jedno z nebezpečí spojených s jejich provozem. Tento efekt vzniká v případě, kdy je část solárního panelu osvětlena, například stínem, a tím omezena jeho produkce energie. Tato snížená produkce může způsobit, že část panelu, která zůstává osvětlena, bude přetěžena, což způsobí lokální zahřátí a vytváření tak zvaných "hot spotů". Tyto "hot spoty" mohou způsobit poškození buněk solárního panelu, což poté snižuje jeho účinnost a může vést k trvalému poškození celého panelu.

Porucha měniče může ovlivnit výkon a spolehlivost fotovoltaických systémů. Měnič je klíčovou součástí solárního systému, která převádí stejnosměrný proud získaný ze solárních panelů na střídavý proud, který lze použít k napájení elektrických zařízení. Porucha měniče může být způsobena různými faktory, včetně elektrických poruch, mechanického poškození nebo selhání komponent uvnitř měniče. Jedním z častých důvodů poruchy měniče je přetížení, které může nastat v důsledku nadměrné produkce energie ze solárních panelů nebo neočekávaného nárůstu spotřeby elektrické energie. Tento stav může způsobit přehřátí

měníče a jeho selhání. Dalším potenciálním rizikem je nedostatečná údržba a kontrola měniče. Prach, vlhkost nebo jiné environmentální faktory mohou způsobit hromadění nečistot nebo koroze uvnitř měniče, což může vést k jeho poruše.

Zkratu v elektrické síti představuje neočekávané vážné nebezpečí, které může mít široké až katastrofální důsledky. Zkrat v elektrické síti nastává, když dochází k náhlému spojení dvou bodů s různými elektrickými potenciály, což vede k prudkému nárůstu elektrického proudu. Zkrat v elektrické síti může vzniknout z různých důvodů, včetně fyzikálního poškození vodičů, poruch izolace, nadměrného zatížení elektrického obvodu, vlhkosti, korozního poškození, chybné instalace nebo nedostatečné údržby.

Porucha akumulátorů mohou mít několik důsledků, včetně snížené účinnosti celého systému, neschopnosti udržet dostatečnou kapacitu pro ukládání energie, ztráty energie v důsledku tepelných ztrát nebo nebezpečí, že se akumulátor stane nestabilním a vyvolá požár nebo explozi. Existuje několik faktorů, které mohou vést k poruchám akumulátorů ve fotovoltaických energetických systémech, jako je opakované přetížení nebo hluboké vybíjení, vysoké teploty, nedostatečná údržba, nesprávné nabíjení, fyzikální poškození a stárnutí. Tyto faktory mohou způsobit degradaci akumulátorů, snížení jejich výkonu a životnosti, až po jejich ztrátu kapacity nebo zcela nefunkční stav.

Cílem analýzy rizik v kontextu fotovoltaických elektráren na rodinných domech je nejen předcházet požárům, ale také minimalizovat potenciální škody v případě, že k požáru dojde. S tím je spojená i připravenost na rychlou a efektivní reakci, která může zachránit životy a omezit škody na majetku. Vytvoření takového plánu je nezbytné pro zajištění bezpečnosti obyvatel domu a ochrany jejich investic do fotovoltaických systémů.

7.6 Návrhy na opatření

Důležité je věnovat pozornost správné instalaci a kontrolám fotovoltaických systémů, využitím osvědčených postupů a dodržování bezpečnostních předpisů. Zmíněné návrhy navazují na odvozené rizika a je dobré je vzít v úvahu při plánování, instalaci a údržbě fotovoltaických systémů, aby se maximalizovala jejich účinnost a minimalizovala rizika.

Podle analýzy instalace fotovoltaických systémů, vycházejících z běžné praxe, lze formulovat návrhy na opatření, vedoucí ke zvýšení protipožární bezpečnosti:

- Instalování hromosvodu a uzemňující kovové konstrukce, která vodivě propojí panely mezi zemnicím drátem. Celá konstrukce se pak spojí s uzemněním.

- Osadit technologickou místnosti protipožárním hasicím přístrojem CO² nebo práškovým.
- Instalace požárně bezpečnostních zařízení do technologické místnosti.
- Spoje v konektorech šetřeny speciální antioxidační pastou. Hlavním důvodem pro toto opatření je skutečnost, že při průchodu kabeláže z venkovní střechy do vnitřních prostor budovy, například k rozvaděčům, střecha a vnitřní prostory tvoří samostatné požární úseky. Jakékoliv propojení mezi nimi v případě požáru může vést k nekontrolovatelnému šíření ohně mezi těmito úseky.
- Použití technologie pro akumulátory, která není hořlavá a při poškození článku může pouze vyvíjet větší množství tepla a případně i kouřové výpary. Z požárního hlediska pak nepředstavují nebezpečí a není pro ně potřebné vytvářet oddělený požární prostor.
- Instalování tlačítka STOP k východu budovy, pro snadné a přístupné odpojení fotovoltaických panelů v případě požáru.
- Propojení panelů způsobem, kdy jistící prvky kabeláže stejnosměrného proudu odpojí každý solární panel jednotlivě a nebude tak docházet k přenosu elektrické energie k ani od poškozených fotovoltaických panelů.
- Zároveň s předchozím bodem by bylo potřebné vytvořit vhodný prostor mezi samotnými fotovoltaickými panely, aby se elektrická energie nepřenášela skrz kovové konstrukce solárních panelů.
- Instalované měniče disponující plynulou nebo diskretní říditelností dodávaného výkonu do elektrické soustavy umožňující změnu dodávaného výkonu výroby.
- Panely doplněny výkonovými řadiči pro optimalizaci výkonu panelů, monitoring provozu a umožňují bezpečné odpojení panelů v případě nebezpečí.
- Přístup na střechu umožněn z venkovního prostranství, pro bezpečnější zásah požárních jednotek v případě požáru uvnitř objektu. Za tímto účel vybudování požárního žebříku, nebo požárního schodiště.

Cenová relace návrhů na opatření hraje ve zhodnocování efektivity a nákladové účinnosti různých řešení. U návrhu cen musíme zohlednit nejen pořizovací cenu samotných opatření, ale i jejich dlouhodobé náklady, včetně provozních a údržbových výdajů.

- Instalace uzemnění pro modelový objekt se obvykle pohybuje v cenovém rozpětí od 16 000 do 26 000 Kč, zatímco náklady na revizi činí přibližně 1 000 Kč. (Pekárek, ©2024)
- Nákup práškového hasící přístroje je závislá na jeho velikosti objemu. Přičemž doporučené nejmenší 4 kg přístroje se pohybují v cenách 900 Kč až 1 000 Kč, větší 6 kg hasící přístroje stojí 1 200 Kč až 1 500 Kč. Musíme brát v potaz, jednou za 5 let se provádí kontrola hasícího přístroje osobou s odbornou kvalifikací. (Hastex, © 2024)
- Instalace požárně bezpečnostních zařízení pro snížení požárního rizika záleží na typu bezpečnostního zařízení. Pokud se jedná o nejběžnější typ v domácnostech, mluvíme o elektrické požární signalizaci. V tomto případě máme na výběr řadu druhů požárních hlásičů, pohybujících se v cenové relaci od 200 Kč do 1 200 Kč. Zde jsou náklady na údržbu jenom výměna baterií. (Repulse, ©2024)
- Jako antioxidační pasta pro zatmelení spojů bychom mohli použít řadu k tomu určených výrobků. Náklady na nákup samotného tmelu pak vychází okolo 100 Kč až 200 Kč. (Dek, ©2024)
- Při použití akumulátorů, které nejsou hořlavé, mluvíme o moderní technologii LiFePO4 akumulátorů. Cena těchto akumulátorů se samozřejmě odvíjí od jejich kapacity a výrobce. Přičemž nejlevnější můžeme najít i za méně než 2 000 Kč a nejdražší akumulátory tohoto typu sahají až na 100 000 Kč. (Mobler, ©2024)
- Tlačítko STOP, na instalaci k východu budovy, samotné stojí 500 Kč až 1 000 Kč. Přičemž zde musíme i započítat náklady práci k instalaci tohoto tlačítka, pokud bude tlačítko instalováno později. (Elektropen, ©2024)
- Rozpojení panelů, kdy jistící prvky kabeláže stejnosměrného proudu odpojí každý solární panel jednotlivě bude nákladově nenáročná, pokud znova tento krok podnikneme při instalaci fotovoltaiky. Běžná pojistka nákladově vyjde zhruba na 100 Kč. (Solarsun, ©2024)
- Měníče disponující plynulou říditelností dodávaného výkonu do elektrické soustavy umožňující změnu dodávaného výkonu výrobní umožňuje v dnešní době většina těchto zařízení, tudíž spíše záleží na typu a výrobci. Cena za náhradu již pořízeného měniče by se pohybovala od 20 000 Kč až 60 000 Kč. (fve-mp, ©2024)

- Doplnění solárních panelů o výkonový řadič pro optimalizaci výkonu panelů, monitoring provozu a umožňují bezpečné odpojení panelů v případě nebezpečí spočívá v nákupu optimizéru pro solární panely. Přičemž jedno toto zařízení se pohybuje v cenové relaci od 1 500 Kč až 3 500 Kč. V našem případě při instalaci tohoto optimizéru pro všech 20 solárních panelů by vyšlo na 30 000 Kč až 70 000 Kč. (SVP Solar, ©2024)
- Umožnění přístup na střechu umožněn z venkovního prostranství, pomocí požárního žebříku pro výšku 6 metrů se cenově pohybuje kolem 100 000 Kč. (Ekovovyroba, ©2024)

8 TAKTICKÝ POSTUP PŘI ZÁSAHU

Pokud k požáru fotovoltaické elektrárny dojde, často dochází k problémům s přesným nebo dokonce žádným předáním informací veliteli zásahu. Tento nedostatek může způsobit ztrátu času při hledání potřebných informací a vést k nedostatečnému postupu, což může negativně ovlivnit výsledek zásahu a způsobit další poškození zařízení. Správně zpracovaná dokumentace u rodinných domů by měla obsahovat technický list fotovoltaické elektrárny, které poskytují nezbytné informace pro velitele zásahu a pomáhají mu efektivněji řídit průběh akce. (Calda, 2016)

Operativní karta, povinná pro rozsáhlejší objekty v rámci dokumentace zdolávání požáru, poskytuje detailní informace o způsobu zvládnutí požáru. Pro menší objekty není vyžadována, avšak místo ní se doporučuje vytvořit technický list pro fotovoltaické elektrárny. Tento standardizovaný dokument rozšiřuje informace obsažené v operativní kartě, zahrnuje umístění technologie, možnosti odpojení, schémata vedení kabelových tras a další vybavení fotovoltaické elektrárny. Důraz se klade na informace o možnosti odpojení energie a provozu fotovoltaické elektrárny, včetně typu, množství a umístění akumulátorů. Tyto údaje jsou důležité pro oddělení prevence HZS a jsou zaznamenány v geografickém informačním systému pro případ jejich využití během zásahu. Technický list je rovněž umístěn uvnitř elektroměrového rozvaděče nebo hlavního domovního rozvaděče pro snadný přístup. (Calda, 2016)

Při dostavení jednotek požární ochrany k požáru fotovoltaiky řídí činnost jednotek požární ochrany velitel zásahu. Jeho hlavní úkony by měli spočívat ve velení, plánování, organizování, komunikování, rozhodování, motivování a kontrolování. Organizace by měla spočívat hlavně ve spolupráci s jednotlivými jednotkami a ostatními dostupnými silami, jako mohou být ostatní složky IZS a právnické a fyzické osoby. Velitel zásahu by měl dbát na efektivní využívání zásahových zdrojů, včetně sil a prostředků, využitím vhodných metod. (Česko, 2001)

8.1 Velitel zásahu

Určení velitele zásahu se řídí podle vyhlášky č. 247/2001 Sb., o organizaci a činnosti jednotek požární ochrany, kdy je určený u zásahu dvou nebo více jednotek, která zahájila zásah jako první. Podle této vyhlášky mají později příchozí jednotky možnost využít právo přednostního velení, kdy určitá osoba převezme velení, pokud to situace a technické prostředky umožňují, oznámí tuto skutečnost současnému veliteli zásahu, ten oznamuje své

odstoupení od velitele zásahu zasahujícími jednotkám a informačnímu středisku. Zároveň nový velitel má povinnost srozumět zasahující jednotky a informační středisko o přebírání velení. Při změně velitele zásahu je odstupující velitel zásahu povinen informovat o postupu jednotek při zásahu, v případě zastoupení není tato skutečnost nutností. Velitel zásahu na se místě zásahu označuje nápisem „Velitel zásahu“ nebo červenou páskou „VZ“ na levé paži.

Služebně nadřízený funkcionář nebo velitel s právem přednostního velení, který vedení nepřevzal není oprávněn zasahovat do činností velitele zásahu, i když je hodnostně podřízený. (Česko, 2001)

Právo přednostního velení je koncept v právu a řízení, který dává určitému subjektu právo řídit určité činnosti nebo procesy před ostatními. Tento princip se často vztahuje na situace, kdy je nutné jednat rychle a efektivně, aby se minimalizovaly škody nebo rizika. V rámci práva přednostního velení může mít určitá osoba pravomoc rozhodovat a jednat bez zbytečných prodlení, aby zajistil ochranu a bezpečnost v dané situaci. (Česko, 2001)

Právo přednostního velení se obvykle určuje na základě vyhlášky č. vyhlášky č. 247/2001 Sb., o organizaci a činnosti jednotek požární ochrany, kdy:

- V případě mimořádné události má velitel jednotky hasičského záchranného sboru kraje prioritu před všemi ostatními veliteli jednotek, s výjimkou velitele jednotky hasičského záchranného sboru podniku, pro který byla jednotka zřízena.
- V případě, že zásahová lokalita je v podniku, pro který byla jednotka zřízena, má velitel jednotky hasičského záchranného sboru podniku prioritu před všemi ostatními veliteli jednotek.
- Velitel sboru dobrovolných hasičů obce má přednost před velitelem sboru dobrovolných hasičů podniku s výjimkou velitele sboru dobrovolných hasičů podniku, pro který byla jednotka zřízena.
- V případě, že zásah probíhá v podniku, pro který byla jednotka zřízena, má velitel sboru dobrovolných hasičů podniku přednost před velitelem sboru dobrovolných hasičů obce.
- Velitel jednotky, která má působnost na místě zásahu, má přednost před ostatními veliteli stejného druhu. To ovšem neplatí v případě, že tato jednotka není aktivní na místě zásahu, nebo pokud se velitelé jednotek dohodnou jinak. (Česko, 2001)

V případě požáru rodinného domu zpravidla nabývá funkci velitele zásahu velitel jednotky hasičského záchranného sboru kraje. Jeho první povinností je vyhlášení závažnosti mimořádné události a s tím určení stupně poplachu určuje velitel zásahu, podle příslušného poplachového plánu, pokud tak neučiní krajské operační a informační středisko. Na tomto základě pak může velitel zásahu, prostřednictvím příslušného operačního střediska, žádat o regulaci dopravy na trasách odsunu raněných osob, nebo o dodatečné síly a prostředky. (Česko, 2001)

V rámci koordinace a informování má velitel zásahu povinnost spojení s příslušným operačním střediskem. Zejména informovat příslušné operační středisko o aktuální situaci na místě zásahu, potřebě sil a prostředků včetně jakékoliv další potřebné pomoci, jakékoli změně ve funkci velitele zásahu, činnosti jednotek a složek integrovaného záchranného systému, významných změnách situace na místě zásahu, včetně informací o zranění nebo úmrtí hasičů nebo postižených osob, odhadovaném čase, kdy dojde k lokalizaci a likvidaci požáru nebo k ukončení záchranných a likvidačních prací při mimořádných událostech, a plánovaném odjezdu jednotek z místa zásahu. (Česko, 2001)

Mezi další hlavní funkce velitele zásahu patří řízení průzkumu a vyhodnocování situace, organizuje soustředování a nasazování jednotek, kontroluje a hodnotí účinnost zásahu a plnění svých rozkazů, rozhoduje o zahájení a ukončení záchranných akcí, zajišťuje spojení a předává informace, přiděluje síly a prostředky, informuje média a veřejnost, poskytuje informace postiženým osobám a organizuje bezpečnost na místě zásahu. Zároveň po ukončení zásahu vyhodnocuje průběh zásahu a zpracovává zprávu o zásahu. (Česko, 2001)

V místě zásahu, ve spolupráci s příslušným operačním střediskem, velitel zásahu provádí průzkum šíření následků požáru nebo mimořádné události, informuje ohrožené osoby o hrozbě a šíření události, organizuje evakuaci nebo ochranu lidí, zajišťuje ošetřené zraněných osob, reguluje pohyb osob a dopravy, střeží evakuované území a majetek a provádí případné odstranění staveb a porostů a terénní úpravy za ke zmírnění rizika požáru nebo jeho odvrácení. (Česko, 2001)

Při nutné nepřítomnosti, například u zranění, velitele zásahu je na tuto dobu zastupována funkce velitele zásahu, aby byla zabezpečena kontinuita velení. Tato funkce pak většinou spadá na velitele jednotky, popřípadě úseku, jemuž tato funkce přísluší s ohledem na právo přednostního velení nebo služebního zařazení v jednotce. (Česko, 2001)

Velitel zásahu nezřizuje štáb velitele zásahu, ani situace nevyžaduje zřizovat štáb velitele zásahu zřizovat, pokud bereme v potaz rozsah této konkrétní mimořádné události, požár rodinného domu s fotovoltaickým systémem, jako izolovaný požár na jednom objektu.

8.2 Struktura řízení zásahu

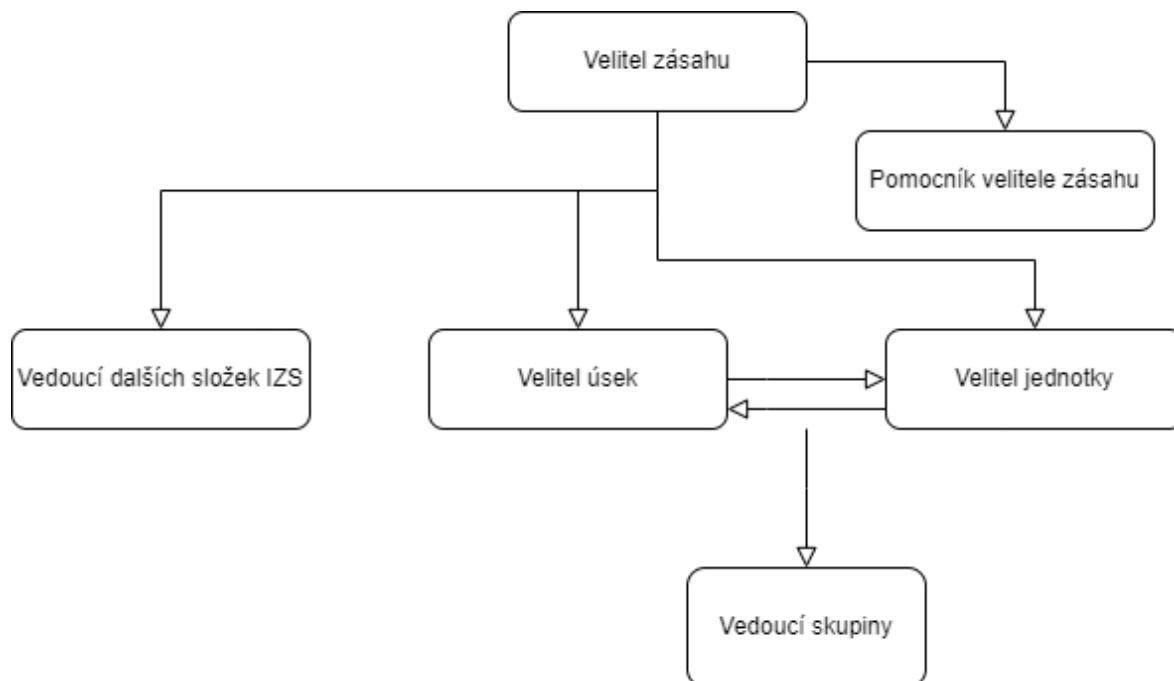
Velitel zásahu musí být aktivně zapojen do struktury řízení operace, poskytovat podporu, informovat, připravovat rozhodnutí, vykonávat rozkazy a instrukce, případně je delegovat podřízeným. (Česko, 2001)

Úkoly a pravomoci na různých úrovních řízení musí být vzájemně koordinovány a přesně definovány. Zároveň musí být jasně určeno, kdo má právo vydávat pokyny, instrukce a rozkazy na různých úrovních řízení. Celková odpovědnost za řízení zásahu musí zůstat u velitele zásahu. Také musí být zajištěna kontinuita velení i v případě neočekávaných událostí, jako je výpadek některé úrovně řízení, ztráta řídicích prostředků nebo náhlá změna situace, předem stanovenou náhradou na jednotlivých úrovních řízení. (Česko, 2001)

Samotná struktura řízení závisí na počtu řízených jednotek, složek IZS a dalších dostupných sil a prostředků. Z pravidla se uplatňují následující úrovně řízení s působností vydávat rozkazy a pokyny vůči svým podřízeným:

- 1) velitel zásahu,
- 2) vedoucí dalších složek IZS,
- 3) velitel jednotky, velitel úseku,
- 4) vedoucí skupiny.

U malých a málo složitých mimořádných událostí řídí velitel zásahu zásah sám. U větší mimořádné události, většinou u nasazení tří až pěti jednotek nebo vedoucí složky IZS, velitel zásahu vyčleňuje pro svoji potřebu a pod přímé řízení pomocníky. V tomto případě má velitel zásahu má pravomoc na místě zásahu určit velitele jednotek, velitele úseků nebo vedoucí skupin příslušným jednotkám. (Česko, 2001)



Obrázek 9 – Struktura řízení zásahu (Vlastní, 2024)

V závislosti na rozdělení úseků, jestliže budou existovat, pak velitel zásahu rozhodne z dostupných sil a prostředků přiřazení jednotek k úsekům. Je možné, že k jednomu úseku bude přiřazeno více jednotek, pak by velitel úseku byl nadřízený velitelům jednotky. Naopak se může u větších objektů stát, že k více úsekům bude přiřazena jedna jednotka. V tomto případě by velitel jednotky byl nadřízený velitelům úseků, kteří by zároveň sloužili jako vedoucí skupiny. Při nutnosti, kdy by se jednotka nemohla rozdělit by velitel jednotky sloužil jako velitel úseku.

Velitel jednotek informuje velitele zásahu o příjezdu své jednotky, počtu osob a prostředků k dispozici. Průběžně poskytuje aktuální informace o plnění úkolů a situaci na místě zásahu. V situaci bezprostředního ohrožení lidských životů má pravomoc k okamžité změně rozhodnutí nadřízeného. S cílem minimalizovat riziko ohrožení životů a zdraví přítomných hasičů, aktivně shromažďuje informace o možných nebezpečích a provádí jejich ověření přímo na místě zásahu. Následně rozděluje místo zásahu jednotky na zóny s charakteristickým nebezpečím a stanovuje specifické postupy. Kromě toho je zodpovědný za sestavení dílčí zprávy o průběhu zásahu. (Česko, 2001)

Velitel úseku zajišťuje efektivní koordinaci činností v jemu přiděleném úseku. Spolu s velitelem jednotek řídí zásahové týmy a sleduje plnění úkolů v souladu s pokyny velitele zásahu. Jeho pravomoc zahrnuje organizaci průzkumu a vyhodnocení situace v úseku a v případě naléhavého nebezpečí může měnit rozhodnutí velitele zásahu. Dále Analyzuje

nebezpečí v úseku, určuje úkoly jednotkám s ohledem na dostupné zdroje a specifika místa zásahu a průběžně informuje velitelské struktury o situaci v daném úseku. (Česko, 2001)

V místě zásahu jsou hasiči přímo podřízeni velení svých jednotek. Při přímém nebezpečí může hasičům vydat rozkaz přímo jejich nadřízený. Zároveň s návrhy, informacemi nebo požadavky se hasiči obrací na svého přímého nadřízeného. (Česko, 2001)

Velitel zásahu má možnost přidělit jednotlivým hasičům jiného přímého nadřízeného, například začlenit je do určitých skupin, jako je průzkumná skupina. Zároveň je může vyčlenit přímo jako své asistenty pro spojení, řidiče atd. (Česko, 2001)

8.3 Činnost jednotek požární ochrany

Na místě zásahu hasiči plní rozkazy a pokyny svých velitelů jednotek, dodržují pravidla spojení, provádějí průzkum v místě svého nasazení a zjištěné informace sdělují veliteli jednotky, veliteli úseku či sektoru nebo veliteli zásahu, používají osobní ochranné pracovní prostředky a vyhýbají se používání oděvních doplňků a předmětů nošených na těle, které nejsou nezbytné pro činnost na místě zásahu a které by mohly být poškozeny nebo ohrozit jejich zdraví. (Česko, 2001)

Prioritou by mělo být zajištění prostoru a zamezení šíření požáru. Další postup by měl být zaměřen na evakuaci osob, pokud tomu situace umožňuje. Současně druhá jednotka požární ochrany, která má zjištěnou lokaci tlačítka STOP nebo měniče, odpojí fotovoltaické panely od systému, pokud se tak nestalo automaticky. Při vstupu do budovy musí jednotky požární ochrany dbát na bezpečnost, zejména nestupovat do prostor, kde hrozí kolaps střechy, způsobený požárem.

Při hašení fotovoltaiky na střeše budovy by hlavní soustředění mělo být na udržení nosných konstrukcí a střechy. Jelikož samotné fotovoltaické panely jsou málo hořlavé, tak soustředění likvidace požáru by měla spočívat v zamezování šíření požáru a udržení stability budovy. Zároveň taky musí jednotky požární ochrany brát na vědomí, že i když odpojíme solární panely od systému, tak pořád generují elektrickou energii ve stejnosměrné části rozvodu. Proto pro optimální hašení střechy je vhodné využít cisternu s výsuvným žebříkem než samotný vstup na střechu. V případě nutného vstupu na střechu je určen jen nezbytný počet jednotek požární ochrany pro úkon s vhodným hasivem.

Hašení zejména elektrických a vodivých zařízení musí probíhat v souladu s metodickým listem 14/N, za použití vhodných hasebních látek, zmíněné v metodickém listu 25/P

a využití ochranných prostředků, jako je ochrana dýchacích cest a použití rukavic pro izolaci. Důležité je také zdůraznit, aby se zamezil kontakt s hasební látkou a vyhnulo se tak úrazu elektrickým proudem skrz ni.

V technologické místnosti je pak nutné, aby jednotky požární ochrany zajistili větrání místnosti a udělali kontrolu ostatních systémů fotovoltaiky, jako je měnič, rozvodna budovy, akumulátory a vedení kabelů fotovoltaického systému. Jejich případné hašení by mělo být znova prováděno z bezpečné vzdálenosti, za použití vhodných hasiv a ochranných prostředků.

Zasahující jednotky požární ochrany se střídají během zásahu v souladu s rozhodnutím velitele zásahu tak, aby se minimalizovalo jejich ohrožení a zároveň zajištěna nepřetržitost zásahu.

ZÁVĚR

Fotovoltaické systémy se stávají klíčovým prvkem v úsilí o udržitelnost a snižování emisí skleníkových plynů a jejich instalace se stává stále běžnější. Z práce vyplívá, že požáry ve spojení s fotovoltaickými systémy představují specifická rizika, jako je obtížná deaktivace systému a nebezpečí vysokých napětí. Pro tento účel hasičský záchranný sbor vydává řadu metodický listů jako postup jednotek požární ochrany při zásahu u požáru fotovoltaické elektrárny.

Pro prevenci požárů fotovoltaických systémů je důležité dodržování již vzniklých preventivních opatření v kombinaci se správnou instalací, údržbou a pravidelnou kontrolou. Při navrhování dodatečných preventivních opatření a taktického postupu při zásahu jsou zohledněny rizika plynoucí z předchozí identifikace rizik, aby bylo docíleno zvýšení bezpečnosti systému a efektivního protipožárního zásahu. Řešení této problematiky taky vyžaduje pečlivou dokumentaci v podobě technického listu, pro lepší orientaci jednotek požární ochrany při zásahu.

Byl vytvořen model rodinného domu, na který je aplikována teoretická instalace fotovoltaického systému. Tato instalace respektuje platný právní rámec a běžné postupy instalace. Na místnost, kde budou umístěny komponenty fotovoltaické elektrárny, je provedený výpočet požárního zatížení, který určuje, že místnost při zvolených parametrech je bezpečná pro instalaci těchto prvků bez vyžadování dalších bezpečnostních úprav. Hodnocení rizik poté vymezuje běžné příčiny požárů, poukazuje na jejich teoretické následky a určuje jejich závažnost. Návrhy na dodatečné opatření jsou určeny na základě provedené identifikace z předchozího textu s ohledem na reálnost aplikace a s cenovou dostupností.

Taktický postup jednotek požární ochrany při zásahu je pak odvozený ze stávajících metodických listů, vyhlášek a zákonů. Jsou zde zohledněny časté příčiny fotovoltaických požárů a jejich reakce na požár, na jejímž základě je postup upraven, aby bylo docíleno bezpečného a efektivního protipožárního zásahu.

Jak už bylo zmíněno, podle statistiky Hasičského záchranného sboru České republiky, požáry fotovoltaických elektráren představují méně než desetinu všech požárů na území České republiky. Může se zdát, že situace není příliš závažná. Nicméně faktem je rostoucí počet instalací solárních panelů a postupnému stárnutí existujících zařízení. Momentálně můžeme konstatovat pozitivní vývoj, avšak s rostoucím zájmem o fotovoltaiku se může

zvýšit i četnost vzniku požárů, a proto je důležité být na tuto problematiku připraven, raději než překvapen.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

BECHNÍK, Bronislav. Stručná historie fotovoltaiky. Online. 2014. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/11652-strucna-historie-fotovoltaiky>. [cit. 2024-04-24].

CALDA, Miroslav; SIMEK, Miroslav; HEJTMÁNEK, Petr; POKORNÝ, Marek; WOLF, Petr et al. Zásady protipožárního zabezpečení střešních instalací FVE a opatření požární prevence. Online. 2016, s. 10. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/soubor/zasady-protipozarniho-zabezpeceni-stresnich-instalaci-fve-a-opatreni-pozarni-prevence-pdf.aspx>. [cit. 2024-04-24].

Co je matice rizik. Online. ©2023. Dostupné z: <https://aptien.com/cs/kb/articles/what-is-risk-matrix>. [cit. 2024-04-24].

ČESKO. Vyhláška č. 114/2023 Sb., o požadavcích na bezpečnou instalaci výroby elektřiny využívající obnovitelné zdroje energie s instalovaným výkonem do 50 kW. In: Zákonů České republiky. 2023. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2023-114>.

ČESKO. Vyhláška č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb. In: Zákonů České republiky. 2008. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2008-23>.

ČESKO. Vyhláška č. 246/2001 Sb., o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru. In: Zákonů České republiky. 2001. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-246>.

ČESKO. Vyhláška č. 247/2001 Sb. o organizaci a činnosti jednotek požární ochrany. In: Zákonů České republiky. 2001. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-247>.

ČESKO. Vyhláška č. 247/2001 Sb., o organizaci a činnosti jednotek požární ochrany. In: Zákonů České republiky. 2001. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-247>.

ČESKO. Zákon č. 133/1985 Sb., o požární ochraně. In: Zákonů České republiky. 1985. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1985-133>.

ČESKO. Zákon č. 258/2000 Sb. o ochranně veřejného zdraví. In: Zákonů České republiky. 2000. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-258>.

ČESKO. Zákon č. 320/2015 Sb. o hasičském sboru České republiky. In: Zákonů České republiky. 2015. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-320>.

ČESKO. Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií. In: Zákonů České republiky. 2000. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-406>.

ČESKO. Zákon č. 415/2021 Sb., kterým se mění zákon č. 133/1985 Sb., o požární ochraně, ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů. In: Zákonů České republiky. 2021. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2021-415>.

ČESKO. Zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů. In: Zákonů České republiky. 2000. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-458>.

DEK. Suché směsi a stavební chemie - Tmely. Online. ©2024. Dostupné z: <https://www.dek.cz/produkty/vypis/20338-suche-smesi-a-stavebni-chemie-tmely>. [cit. 2024-04-24].

EKOVOVYROBA.CZ. VÝSTUPOVÉ ŽEBŘÍKY S PŘÍMÝM VÝSTUPEM. Online. ©2024. Dostupné z: <https://www.ekovovyroba.cz/vystupove-zebriky-s-primym-vystupem/>. [cit. 2024-04-24].

EN CZ S.R.O. Ovládání a signalizace. Online. ©2024. Dostupné z: <https://www.elektropen.cz/ovladani-a-signalizace>. [cit. 2024-04-24].

FVE-MP. Měniče pro FVE. Online. ©2024. Dostupné z: <https://www.fve-mp.cz/eshop/menice-10004?pp=15&l=g&r=>. [cit. 2024-04-24].

GSES. What Causes Solar PV Fires and How to Prevent Them. Online. 2022. Dostupné z: <https://www.gses.com.au/what-causes-solar-pv-fires-and-how-to-prevent-them/>. [cit. 2024-04-24].

GUARD 7. Bodová metoda. Online. 2022. Dostupné z: <https://www.guard7.cz/bodova-metoda/>. [cit. 2024-04-24].

HASTEX & HASPR. Práškové hasící přístroje. Online. © 2024. Dostupné z: <https://www.guard7.cz/bodova-metoda/>. [cit. 2024-04-24].

HEJTMÁNEK, Petr; NAJMANOVÁ, Hana a POKORNÝ, Marek. Požární riziko a stupeň požární bezpečnosti. Online. 2016. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/pozarni-bezpecnost-staveb/13654-pozarni-riziko-a-stupen-pozarni-bezpecnosti>. [cit. 2024-04-24].

HEJTMÁNEK, Petr; NAJMANOVÁ, Hana a POKORNÝ, Marek. Požární riziko a stupeň požární bezpečnosti. Online. 2016. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/pozarni-bezpecnost-staveb/13654-pozarni-riziko-a-stupen-pozarni-bezpecnosti>. [cit. 2024-04-24].

HROMOSVODY PEKÁREK. Orientační ceny realizací. Online. ©2024. Dostupné z: <https://www.hromosvodypekarek.cz/ceny-realizaci>. [cit. 2024-04-24].

IRINGOVA, Agnes. Location of Photovoltaic Panels in the Building Envelope in Terms of Fire Safety. Civil and Environmental Engineering. 2022, 18(2), 523-531. ISSN 2199-6512. Dostupné z: doi:10.2478/cee-2022-0050. [cit. 2024-04-24]

KAŠPAROVSKÝ, Břetislav. Požár fotovoltaiky: Největší riziko představuje neodborná instalace. Online. 2023. Dostupné z: <https://www.solarbryka.cz/blog/pozar-fotovoltaiky-nejvetsi-riziko-predstavuje-neodborna-instalace>. [cit. 2024-04-45].

LEE, Shin-Ku, Chun-Mu WU a Kuo-Chan HUNG. A study on fire risks to firefighters in the building with photovoltaic system. International Conference on Applied System Innovation (ICASI). IEEE, 2017, s. 1174-1177. ISBN 978-1-5090-4897-7. Dostupné z: doi:10.1109/ICASI.2017.7988500. [cit. 2024-04-24]

MILLS, Jullie. Online. In: RESEARCHGATE. © 2024. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/Architectural-cross-section-of-the-two-storey-house-used-for-the-reinforced-concrete_fig2_44710171. [cit. 2024-04-24].

MINISTERSTVO VNITRA – GENERÁLNÍ ŘEDITELSTVÍ HASIČSKÉHO ZÁCHRANNÉHO SBORU ČESKÉ REPUBLIKY. Požáry střešních konstrukcí s trubicovým fotovoltaickým systémem. Online. 2016. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/soubor/p-49-trubicova-fotovoltaika-pdf.aspx>. [cit. 2024-04-24].

MINISTERSTVO VNITRA – GENERÁLNÍ ŘEDITELSTVÍ HASIČSKÉHO ZÁCHRANNÉHO SBORU ČESKÉ REPUBLIKY. Nebezpečí úrazu elektrickým proudem. Online. 2017. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/soubor/2-n-n-ml-14-nebezpeci-urazu-elektricky-proudem-novela-pdf.aspx>. [cit. 2024-04-24].

MINISTERSTVO VNITRA – GENERÁLNÍ ŘEDITELSTVÍ HASIČSKÉHO ZÁCHRANNÉHO SBORU ČESKÉ REPUBLIKY. Hašení vodou elektrických zařízení a vedení pod napětím do 400 V. Online. 2017. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/soubor/4-p-p-ml25-r-haseni-vodou-el-zarizeni-pod-napetim-do-400-v-novela-pdf.aspx>. [cit. 2024-04-24].

MINISTERSTVO VNITRA – GENERÁLNÍ ŘEDITELSTVÍ HASIČSKÉHO ZÁCHRANNÉHO SBORU ČESKÉ REPUBLIKY. Požáry fotovoltaických elektráren. Online. 2017. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/soubor/4-p-p-ml48-fv-elekrarny-pdf.aspx>. [cit. 2024-04-24].

MINISTERSTVO VNITRA – GENERÁLNÍ ŘEDITELSTVÍ HASIČSKÉHO ZÁCHRANNÉHO SBORU ČESKÉ REPUBLIKY. Požáry střešních konstrukcí s fotovoltaickým systémem. Online. 2017. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/soubor/4-p-p-ml47-stresni-konstrukce-s-fvs-pdf.aspx>. [cit. 2024-04-24].

MOBLER. Baterie pro fotovoltaiku. Online. ©2024. Dostupné z: <https://www.mobler.cz/baterie-3/>. [cit. 2024-04-24].

NOS, Filip. Požáry fotovoltaických elektráren. Časopis 112. Praha: Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2018, (1). ISSN 1213-7057. [cit. 2024-04-24]

REPULSE. Detektory kouře a plynu. Online. ©2024. Dostupné z: <https://www.repulse.cz/detektory-koure-a-plynu>. [cit. 2024-04-24].

SOLARSUN. DC jištění (odpojovače, jističe, pojistky). Online. ©2024. Dostupné z: <https://www.solarsun.cz/dc-jisteni/>. [cit. 2024-04-24].

SVP SOLAR. Optimizéry a odpojovače. Online. ©2024. Dostupné z: <https://www.solar-eshop.cz/c/fotovoltaika-1/fotovoltaicke-moduly/optimizery-a-odpojovace/>. [cit. 2024-04-24].

TOPINFO. Fotovoltaika. Online. ©2024. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika>. [cit. 2024-04-24].

YANG, Hong-Yun, Xiao-Dong ZHOU, Li-Zhong YANG a Tao-Lin ZHANG. Experimental Studies on the Flammability and Fire Hazards of Photovoltaic Modules. 2015, 8(7), 4210-4225. ISSN 1996-1944. Dostupné z: doi:10.3390/ma8074210. [cit. 2024-04-24]

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

GSES Globální udržitelný podnikatelský systém

N Katoda

P Anoda

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Tabulka ochranného pásma (Ministerstvo vnitra, 2017).....	19
Obrázek 2 – Počet instalací fotovoltaiky (Nos, 2018).....	23
Obrázek 3 – Problémové části u fotovoltaických systémů (Nos, 2018)	28
Obrázek 4 - Výskyt chyb u fotovoltaických systémů (Nos, 2018).....	29
Obrázek 5 - Důvody požárů fotovoltaických panelů (Lee, 2017).....	30
Obrázek 6 – Uvolňování tepla fotovoltaiky (Iringova, 2022)	32
Obrázek 7 – Modelový objekt (Mills, 2002)	35
Obrázek 8 - Určení technologické místnosti v objektu (Vlastní, 2024).....	37
Obrázek 9 – Struktura řízení zásahu (Vlastní, 2024)	58

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – Přijatelnost rizika (Vlastní, 2024).....	46
Tabulka 2 – Rizika fotovoltaické elektrárny (Vlastní, 2024)	48