

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA
V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA ELEKTROTECHNIKY
A AUTOMATIZACE

NÁVRH VYUŽITÍ SOLÁRNÍ ENERGIE PRO
EKOLOGICKÝ DŮM

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Monika Hromasová, Ph.D.

Diplomant: Filip Leixner

2022

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Návrh využití solární energie pro ekologický dům vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že 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, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 31.3.2022.

Filip Leixner
(podpis autora práce)

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval paní Ing. Monice Hromasové, Ph.D. za vedení práce a za projevenou ochotu a trpělivost. Dále bych chtěl poděkovat svojí rodině a manželce za podporu po celou dobu studia.

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Filip Leixner

Regionální environmentální správa

Název práce

Návrh využití solární energie pro ekologický dům

Název anglicky

Proposal for the use of solar energy for an ecological house

Cíle práce

Cílem diplomové práce je návrh fotovoltaické elektrárny a zhodnocení vlivů na životní prostředí.

Metodika

Návrh fotovoltaické elektrárny na novostavbě rodinného domu s přihlédnutím na maximální využití solární energie. Komplexní šetrné zacházení s energiemi s přihlédnutím na minimalizování negativního vlivu na životní prostředí. Kompletní řízení energetického managementu v domě nadřazeným smart systémem. Potřebné dokumenty k realizaci a provozování FVE s napojením do distribuční sítě. Doporučení pro zvýšení využití obnovitelných zdrojů a snížení energetické bilance.

Doporučený rozsah práce

50

Klíčová slova

Fotovoltaický systém, životní prostředí, využití solárního záření

Doporučené zdroje informací

HASELHUHN, R. – MAULE, P. – ROHÁČOVÁ, A. – ROHÁČ, P. – ŽENIŠKOVÁ, A. – HOŘEJŠÍ, E. – KLAMO, J. – HICKOVÁ, J. – MARTINOVSKÁ, V. – BAROCH, T. – DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR SONNENENERGIE.

Fotovoltaické systémy : energetická příručka : pro elektrikáře, techniky, instalatéry, projektanty, architekty, inženýry, energetiky, manažery, stavitele, studenty, učitele, ostatní odborné a profesní soukromé nebo veřejné instituce a zájemce o fotovoltaický obor a energetickou nezávislost. Plzeň: Česká fotovoltaická asociace, 2017. ISBN 978-80-906281-5-1.

HENZE, A. – HILLEBRAND, W. – LOSÍK, V. *Elektrický proud ze slunce : fotovoltaika v praxi : technika, přehled trhu, návody ke stavbě.* Ostrava: HEL, 2000. ISBN 80-86167-12-7.

LIBRA, M. – POULEK, V. *Fotovoltaika : teorie i praxe využití solární energie.* Praha: ILSA, 2009. ISBN 978-80-904311-0-2.

MURTINGER, K. – BERANOVSKÝ, J. – TOMĚŠ, M. – EKOWATT (ORGANIZACE). *Fotovoltaika, elektřina ze slunce.* Brno: ERA, 2007. ISBN 978-80-7366-100-7.

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – FZP

Vedoucí práce

Ing. Monika Hromasová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra elektrotechniky a automatizace

Elektronicky schváleno dne 11. 5. 2021

doc. Ing. Miloslav Linda, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 5. 2021

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 07. 01. 2022

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá především návrhem fotovoltaické elektrárny na novostavbě ekologického rodinného domu v Praze. Součástí je také podrobně popsána kompletní realizace a zapojení celého systému. Pro úplnost jsou v této práci rozsáhle vysvětleny rozdíly mezi obnovitelnými a neobnovitelnými zdroji energie, a jejich jednotlivé možnosti využití. Dále se práce zabývá problematikou energetické náročnosti budov a popisuje možnosti úspory energií v rodinných domech. V další části je důkladně popsána výroba a možnosti recyklace FV panelů, a okrajově je řešeno, jak jsou zdroje obnovitelné energie podporovány ze strany státu. V závěru literární části jsou popsány jednotlivé komponenty potřebné k provozu hybridního fotovoltaického systému.

Další část diplomové práce je zaměřena především na zeměpisné umístění objektu a jeho orientaci, která je velice důležitá pro budoucí návrh fotovoltaické elektrárny. Dále se práce zaměřuje na podrobný popis jednotlivých dílčích kroků, které jsou nedílnou součástí při návrhu fotovoltaické elektrárny, jsou popsány metody a výpočty, které dokážou naddimenzovat elektrárnu přesně podle požadovaných kritérií. Práce rovněž upozorňuje na nebezpečí spojené s montáží a zapojením a také vysvětluje, kdo je oprávněn tyto úkony provádět. V diplomové práci je vysvětleno, jaké dokumenty jsou potřeba pro připojení mikrozdroje k rozvodné síti – tedy elektrárny, která dosahuje maximálně výkonu 10kW, kde je možné tyto dokumenty získat, jak je vyplnit a kam je odevzdat. Na závěr se tato práce zabývá ekonomickým zhodnocením celého návrhu fotovoltaické elektrárny bez dotačního programu a zefektivněním úspor energetických zdrojů v ekologické domácnosti.

Klíčová slova: fotovoltaika, energetické úspory, ekologické bydlení

Abstract

This diploma thesis deals mainly with the design of a photovoltaic power plant on a newly built ecological family house in Prague. It also describes in detail the complete implementation and connection of the entire system. For completeness, the differences between renewable and non-renewable energy sources and their individual uses are extensively explained in this work. Furthermore, the work deals with the issue of energy performance of buildings and describes the possibilities of energy savings in houses. The next section thoroughly describes the production and recycling of PV panels, and marginally addresses how the sources of renewable energy are supported by the state. At the end of the literature section, the individual components needed to operate a hybrid photovoltaic system are described.

The next part of the diploma thesis is focused mainly on the geographical location of the building and its orientation, which is very important for the future design of a photovoltaic power plant. Furthermore, the work focuses on a detailed description of the individual partial steps that are an integral part of the design of a photovoltaic power plant, methods and calculations are described that can oversize the power plant exactly according to the required criteria. The work also draws attention to the dangers associated with installation and wiring and also explains who is authorized to perform these tasks. The diploma thesis explains what documents are needed to connect the micro source to the distribution network – the power plant, which reaches a maximum output of 10kW, where it is possible to obtain these documents, how to fill them in and where to submit them. Finally, this work deals with the economic evaluation of the entire design of a photovoltaic power plant without a subsidy program and streamlining energy savings in ecological households.

Key words: photovoltaics, energy savings, ecological living

Obsah

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A AKRONYMŮ	11
ÚVOD	12
CÍLE PRÁCE	13
LITERÁRNÍ REŠERŠE	14
1 NEOBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE	14
1.1 ROPA	14
1.2 UHLÍ.....	14
1.3 RAŠELINA.....	15
1.4 ZEMNÍ PLYN	15
1.5 JADERNÁ ENERGIE.....	15
2 OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE	16
2.1 ENERGIE SLUNCE.....	19
2.2 ENERGIE VODY	19
2.3 ENERGIE BIOMASY	20
2.4 ENERGIE PROSTŘEDÍ.....	21
2.5 ENERGIE VĚTRU.....	21
3 ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOV	22
3.1 CHARAKTERISTIKA EKOLOGICKÝCH DOMŮ	24
3.2 ROZDĚLENÍ RODINNÝCH DOMŮ PODLE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI	25
3.3 NÍZKOENERGETICKÝ DŮM	27
3.4 PASIVNÍ DŮM.....	27
3.5 NULOVÝ DŮM.....	28
3.6 AKTIVNÍ DŮM.....	28
4 RECYKLACE A NAKLÁDÁNÍ S ODPADEM Z FV PANELŮ	29
4.1 TERMICKO-CHEMICKÁ METODA	30
4.2 MECHANICKO-CHEMICKÁ METODA	31
4.3 FRELP METODA.....	32
5 PODPORA VÝROBY ELEKTRINY Z OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ	33
6 FOTOVOLTAIKA	34
6.1 HISTORIE FOTOVOLTAIKY	34
6.2 FOTOVOLTAICKÝ JEV	35
6.3 ČÁSTI FV ELEKTRÁRNY	36
6.3.1 Fotovoltaický článek.....	36

6.3.2	<i>Fotovoltaický panel</i>	39
6.3.3	<i>Střídač</i>	40
6.3.4	<i>Akumulace</i>	42
6.3.5	<i>Konstrukční systémy pro FVE</i>	43
6.3.6	<i>Ostatní komponenty</i>	47
6.4	PODMÍNKY PŘIPOJENÍ FVE.....	49
	METODIKA	52
7	POPIS ŘEŠENÉHO OBJEKTU	52
8	NÁVRH FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNY	53
9	POUŽITÉ KOMPONENTY	61
9.1	FV PANELY.....	61
9.2	STRÍDAČ.....	61
9.3	AKUMULÁTOR.....	62
9.4	KONSTRUKCE.....	62
9.5	JISTĚNÍ A KABELÁŽ.....	62
10	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ NÁVRHU	63
11	MOŽNOSTI ZEFEKTIVNĚNÍ ÚSPOR	66
	VÝSLEDKY	68
	DISKUSE	69
	ZÁVĚR	71
	PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ	73
	ODBORNÉ KNIHY, MONOGRAFIE	73
	ČLÁNEK V ODBORNÉM PERIODIKU	74
	INTERNETOVÝ ZDROJ – MONOGRAFIE, ČLÁNEK NA WEBOVÝCH PORTÁLECH .	75
	INTERNETOVÝ ZDROJ – WEBOVÉ STRÁNKY INSTITUCÍ, OBCÍ	77
	LEGISLATIVNÍ MATERIÁLY – ZÁKON, VYHLÁŠKA, NORMA	78
	TECHNICKÉ NORMY	78
	BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE	79
	PROJEKTOVÉ DOKUMENTACE	79
	NÁVODY (MANUÁLY), PŘÍRUČKY APOD	79
	OBRÁZKY (GRAFY, FOTOGRAFIE), TABULKY, PŘÍLOHY APOD	80
	SEZNAM OBRÁZKŮ	80

SEZNAM GRAFŮ	80
SEZNAM TABULEK	81

Seznam použitých zkratk a akronymů

3D	3 Dimensional – 3 dimenze
AC	Alternate Current – střídavý proud
ČR	Česká Republika
ČSN	Česká Státní Norma
DC	Direct Current – stejnosměrný proud
EN	Evropská Norma
ERÚ	Energetický Regulační Úřad
EVA	Etylen-Vinyl-Acetát
FRELP	Full Recovery End Life Photovoltaic
FV	FotoVoltaický
FVE	FotoVoltaická Elektrárna
HOP	Hlavní Ochranná Přípojnice
IP	International Protection – mezinárodní ochrana
LCD	Liquid Crystal Display – displej z tekutých krystalů
MC4	Multi Contact 4 mm – více kontaktní 4 mm
MPO	Ministerstvo Průmyslu a Obchodu
NF	Nízká Frekvence
OZE	Obnovitelné Zdroje Energie
PENB	Průkaz Energetické Náročnosti Budov
PVB	PolyVinyl Butyral
PVGIS	Fotovoltaický Geografický Informační Systém
STC	Standard Test Conditions – standardní testovací podmínky
TČ	Tepelné Čerpadlo
TNI	Technická Normalizační Informace
TUV	Teplá Užitková Voda
UV	Ultra Violet – ultrafialová
VF	Vysoká Frekvence

Úvod

V dnešní době stále se zvyšujících cen energií není od věci se zamyslet, jak lokálně, tak i globálně omezit spotřebu energií. Je známo že sluneční záření je nejdostupnějším zdrojem energie a v moderní době je již velmi efektivně využíváno. I výhledy do budoucna vypadají v oblasti efektivity fotovoltaických elektráren (dále jen FVE) pozitivně. Samozřejmě není možné nahradit veškeré fosilní zdroje energií ze slunce, ale je ještě mnoho možností, hlavně v bytových a rodinných domech, jak jednoduše energii ze slunce využít. Budoucnost je totiž v tzv. decentralizaci zdrojů energie. Právě proto je v diplomové práci popsán návrh fotovoltaického (dále jen FV) systému na ekologický rodinný dům, podrobný popis funkcí, vysvětleny jednotlivé použité komponenty a v závěru je zhodnocena ekonomická stránka celé investice, včetně upozornění na chyby při návrhu FVE.

Celé téma diplomové práce je obklopeno ekologickým smýšlením, jelikož chránit životní prostředí je důležité a je potřeba si uvědomit, jak lze v domácnosti snížit spotřebu energie i vody, jak správně vybrat ekologický dům, jaké jsou další možnosti úspory a jaká je jejich finanční náročnost. Celkově je důležité myslet na budoucnost, částečně snížit svůj životní komfort spotřební doby a využívat obnovitelné a udržitelné možnosti života.

Cíle práce

Hlavním cílem této diplomové práce je návrh FVE na novostavbu ekologického domu. Práce je vytvořena se záměrem přiblížit průběh návrhu a realizace FVE laické veřejnosti a vysvětlit, proč není i při stále se snižující ceně FV panelů výhodné pokrývat co možná největší plochu střech rodinných domů FV panely.

Dále je předmětem diplomové práce vysvětlení rozdělení energetické náročnosti budov, orientace v energetickém průkazu budov a apel na to, jak je důležité stavět či pořizovat budovy s co možná nejlepšími energetickými vlastnostmi pro udržitelnou budoucnost.

Dalším důležitým cílem je podrobný popis recyklace FV panelů. Práce se okrajově věnuje i popisu možností úspory energií, zamyšlení se nad soběstačností a eventualitou žití v této době bez energií získávaných z fosilních paliv.

Literární rešerše

1 Neobnovitelné zdroje energie

Typickými neobnovitelnými zdroji energie jsou fosilní paliva, jako je uhlí, ropa, rašelina a zemní plyn. Také se nesmí zapomenout na štěpné materiály, kterými jsou uran a plutonium a používají se k výrobě jaderné energie (CRAIG ET AL 2000).

1.1 Ropa

Ropa je hořlavá kapalina tmavě hnědé až zelenožluté barvy složená především z kapalných uhlovodíků. Je tvořena z 83 % uhlíku, 10–15 % vodíku, 3 % síry, 2 % dusíku a 1 % kyslíku. Její hustota při 20 °C je stanovena na 0,73–1,04 g.cm⁻³. Ropa vzniká působením určitého tlaku a teploty na organický materiál z živočišných i rostlinných zbytků bez přístupu vzduchu. Největší naleziště ropy je ve Venezuele a Saúdské Arábii (CRAIG ET AL 2000; LINTNEROVÁ 2009).

1.2 Uhlí

Uhlí je pevná hořlavá hornina, která je složena převážně z elementárního uhlíku. Uhlí vznikalo asi před 290–360 miliony let v době, která se začala příhodně označovat názvem karbon. Uhlí vzniklo na různých místech odlišně, a to buď rašelinizací nebo prouhelněním biologických materiálu, jako byly prvohorní přesličky, řasy či plavuně (PLANETE ENERGIES 2015). Proces vzniku uhlí začíná hromaděním odumřelé organické hmoty na povrchu, kde probíhá rozklad za pomoci aerobních bakterií a vzniká oxid uhličitý a metan. Po sestoupení organické hmoty hlouběji už nemůže probíhat přirozený proces rozkladu organické hmoty za pomoci kyslíku a nastává rozklad anaerobními bakteriemi a vzniká rašelina. Čím hlouběji rašelina sestupuje, tím více na ní působí vyšší teplota a tlak. Takto vzniká nejmladší hnědé uhlí nazývané jako lignit. Při dalším působení vyšší teploty a tlaku vzniká hnědé uhlí, černé uhlí a následně černé uhlí vyšší kvality nazývané jako antracit. Toto kvalitní uhlí obsahuje až 86–98 % uhlíku. V poslední fázi vzniká grafit, který je znám také pod názvem tuha a zároveň jde o nejčastější modifikaci uhlíku na světě (FENSOME ET AL 2015).

1.3 Rašelina

Rašelina je organická hydrofilní koloidní substance složená především z více než 75 % vody a dalších prvků jako je uhlík 50–60 %, kyslík 33–40 %, vodík 4,5–6 %, dusík 0,9–3,5 %, síra 0,1–2 %. Uhlík se v rašelině zvyšuje na úkor kyslíku při určitém stupni rozložení (JIRÁSEK ET AL 2010). Vznik rašeliny probíhá za omezeného přístupu kyslíku a je závislý především na výšce hladiny podzemních vod. Nejdůležitějším faktorem pro akumulaci rašeliny je chemické a strukturní složení organických materiálů. K tvorbě rašeliny přispívá široké spektrum rostlinných druhů vyskytujících se v mokřadech, především to jsou různé typy trav, mechů a dřevin. Velmi důležitým vnějším faktorem je voda, která díky své vysoké tepelné kapacitě ovlivňuje rozkladné procesy, také omezuje difúzi plynů, a to vede ke snížení dostupnosti kyslíku při rozkladu (JOOSTEN ET CLARKE 2002).

1.4 Zemní plyn

Zemní plyn je přírodní hořlavý plyn a je považován za ekologicky nejčistší fosilní palivo. Při spalování zemního plynu nevzniká tolik škodlivých zplodin jako u spalování ropy či uhlí. Zemní plyn je bez zápachu, a proto se odorizuje a přidává se do něj páchnoucí plyn, například ethylmerkaptan, aby byla jednoduše čichem zjistitelná jeho zvýšená koncentrace ve vzduchu. Zemní plyn vzniká spolu se vznikem rašeliny a uhlí, proto také ložiska zemního plynu jsou ve většině případů shodná s ložisky ropy černého uhlí. Těžba probíhá ve strukturálních pastech sedimentárních hornin, především v břidlici a pískovci. Složení zemního plynu se liší podle naleziště, a to ovlivňuje směs plynu, ze kterých je složen. Hlavní složkou zemního plynu je metan, dále jsou v něm obsaženy i další alkany jako ethan, propan, butan, kyslík, dusík, sirovodík a malé množství oxidu uhličitého (QUASCHNING 2010).

1.5 Jaderná energie

V prosinci roku 1938 byl položen základní kámen pro budoucí využití jaderné energie. Zasloužili se o to němečtí chemici Otto Hahn a Fritz Strassmann, kteří v jednoduchých podmínkách v Chemickém ústavu císaře Wilhelma v Berlíně dokázali ověřit jev štěpení uranu při bombardování neutrony. Štěpení uranu je velmi

nebezpečný jev a pokud by bylo pohromadě větší množství uranu, tak by při odstřelování jádra neutrony vznikla neřízená řetězová reakce a došlo by k atomovému výbuchu. Pokud se ale dá rychlost řetězové reakce kontrolovat, je možné využít uran 235 v jaderných elektrárnách jako palivo pro výrobu elektrické energie (QUASCHNING 2010). Jaderná energie je považována za velmi čistý zdroj energie, uvádí se, že uvolněná energie z 1 g uranu 235 je ekvivalentem energie získané ze spálení 3 tun uhlí. Avšak je zde jeden zásadní problém, a tím je vznikající odpad, který zůstává několik stovek tisíc let stále radioaktivní (CRAIG ET AL 2000). V České republice jsou zatím v provozu 2 jaderné elektrárny Dukovany a Temelín. Roční výroba energie z jaderných elektráren v České republice dosahuje stabilně 20 % (ERÚ 2021).

2 Obnovitelné zdroje energie

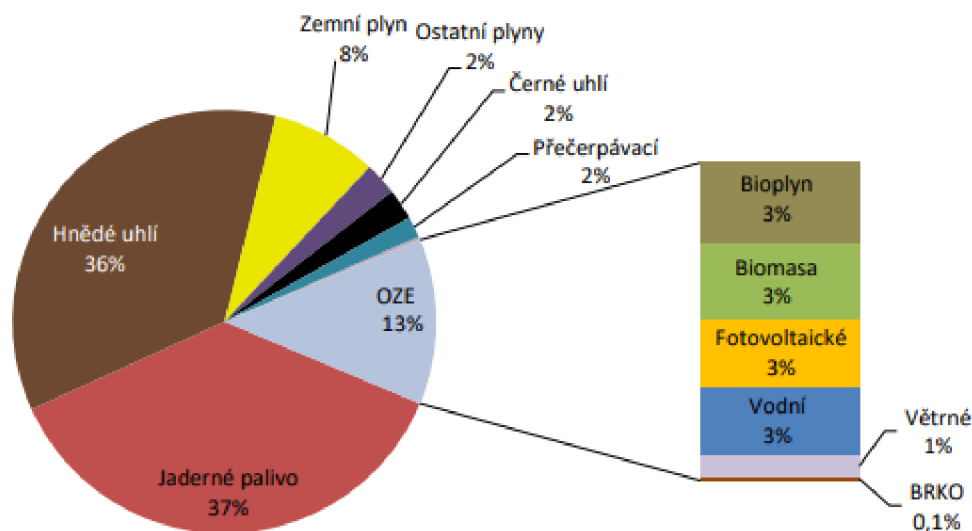
Za obnovitelný zdroj energie můžou být považovány takové zdroje, které jsou v časovém horizontu lidské populace nevyčerpatelné a při spotřebě se umí samy nebo po přispění člověka úplně či částečně obnovovat. Mezi hlavní typické zdroje obnovitelné energie patří slunce, vítr, voda a vnitřní teplo země (QUASCHNING 2010). Před časem byly ještě tyto zdroje nazývány jako alternativní zdroje energie, ale v poslední době se pohled na tyto zdroje velice změnil a jsou vyzdvihovány jejich výhody. Největší předností obnovitelných zdrojů je bez pochyby fakt, že neznečišťují životní prostředí, a také nezvyšují obsah skleníkových plynů v atmosféře. Vzhledem k decentralizovanosti jednotlivých zdrojů obnovitelné energie a postupným zvýšením jejich využití se státy mohou stát méně závislými na importu energie ze států ostatních. (LOMBORG 2001).

Definice obnovitelných zdrojů energie byla téměř 13 let zakotvena v § 31 zákona č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů, který určoval i pravidla v podnikání s obnovitelnými zdroji. 1. ledna 2012 vešel v platnost zákon č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů, který v § 2 převzal definici obnovitelných zdrojů energie. Dalším milníkem bylo datum 1. ledna 2022, ve kterém vešel v platnost zákon č. 362/2021 Sb., kterým se změnil zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy

v energetických odvětvích a o změně některých zákonů, a další související zákony. Tento zákon velmi značně upravil veškeré počínání s obnovitelnými zdroji energie tak, aby odpovídaly moderním požadavkům Evropské unie.

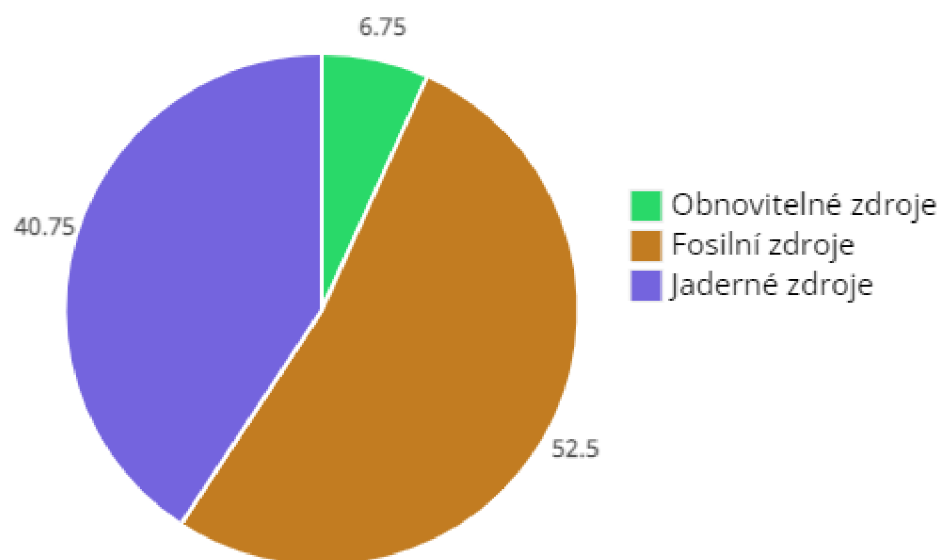
Aktuálně se tedy v České republice podle zákona č. 165/2012 Sb., považují za obnovitelné zdroje, obnovitelné nefosilní zdroje energie, jimiž jsou energie větru, energie slunečního záření (termální a fotovoltaická), geotermální energie, energie okolního prostředí, energie z přílivu nebo vln a jiná energie z oceánů, energie vody, energie biomasy a paliv z ní vyráběných, energie skládkového plynu, energie kalového plynu z čistíren odpadních vod a energie bioplynu.

Ačkoliv se legislativa zřetelně mění, procento využití obnovitelných zdrojů se v České republice zatím výrazně nezvyšuje. Podle roční zprávy o provozu elektrizační soustavy České republiky z roku 2020, které vydal energetický regulační úřad, jsou obnovitelné zdroje podílející se na výrobě elektrické energie zastoupeny pouze ze 13 %. Podrobné rozdělení je vidět na grafu č. 1.



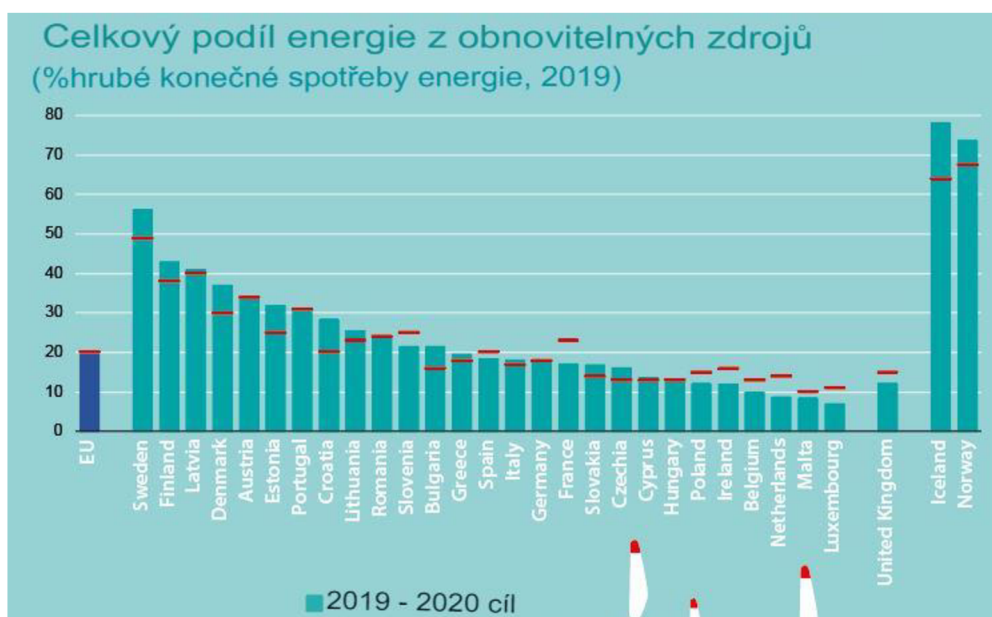
Graf 1: Podíl využití OZE na celkové výrobě elektrické energie za rok 2020 (ERÚ 2020).

Při pohledu na celkovou energetickou bilanci v České republice je zastoupení obnovitelných zdrojů energie ještě poněkud menší. Dle statistiky národního energetického mixu je možné na grafu č. 2 vidět přesný podíl jednotlivých zdrojů energie. Za rok 2020 bylo k výrobě veškeré energie spotřebované v České republice využito jen 6,75 % energie z obnovitelných zdrojů.



Graf 2: Celkový podíl zdrojů energie spotřebované v roce 2020 (OTE a.s.2020).

V polovině roku 2021 zveřejnil Eurostat graf č. 3, který popisuje procentuální využití obnovitelných zdrojů u všech členských států Evropské unie za rok 2019. Z grafu je zřejmé, že Česká republika zatím nepatří do skupiny států, které pro výrobu energie využívají více než 20 % z obnovitelných zdrojů.



Graf 3: Podíl vyrobené energie z obnovitelných zdrojů za rok 2019 (Eurostat 2021).

2.1 Energie slunce

Už z názvu je patrné, že se jedná o energii, kterou produkuje Slunce. Taktéž se tato energie nazývá jako energie solární. Slunce je největší hvězdou naší sluneční soustavy a dodává záření, bez kterého by život na Zemi nemohl existovat. Samotná hvězda je tvořena z atomu vodíku a hélia, její energie vzniká v jádru, kde neustále probíhá jaderná fúze. Část procesu jaderné fúze nazývaný proton-protonový cyklus se stará o slučování čtyř jader vodíku za vzniku jednoho atomu hélia a dvou atomů pozitronu. A jelikož je hmotnost vzniklého hélia nižší než hmotnost vodíků, které do procesu vstupují, přemění se tento rozdíl hmotností na energii ve formě tepla a světla (ENERGY EDUCATION 2020). Tento proces dokazuje i nejznámější rovnice $E=mc^2$ od Alberta Einsteina, zvaná jako speciální teorie relativity. Tato vzniklá energie postupně opouští jádro Slunce přes jeho další vrstvy, které tím zahřívá a vyzařuje tak sluneční záření do celého vesmíru. Každou sekundu přijde slunce o 4,26 milionu tun hmoty, které se přemění na energii o hodnotě $3,8 \cdot 10^{26}$ Joulů. Dle tohoto faktu se povrch Slunce udržuje neustále na teplotě 5770 K (BERANOVSKÝ ET AL 2008).

Na Zem dopadají jen dvě miliardtiny celkové vyzážené energie ze Slunce. Tato dávka energie by stačila na pokrytí roční spotřeby celých Spojených států amerických. I možná proto je tato energie řazena mezi nejčistší zdroje obnovitelné energie na Zemi. Nejen že Slunce přináší možnost přímo využívat jeho sluneční záření, ale také napomáhá vzniku větru, který může být využit jako zdroj energie pro roztáčení větrných turbín (NWCLIMATE 2017).

2.2 Energie vody

Energie vody byla mezi prvními zdroji obnovitelné energie, které člověk hojně využíval. Vodní energie je nejvíce dostupným zdrojem energie na Zemi, využita je především její potenciální a kinetická energie vody. Dalšími druhy vodní energie jsou energie mořských vln, energie přílivu a odlivu a tepelná energie horkých pramenů. V minulosti se na využití vodní energie používalo vodní kolo. Nejjednodušším způsobem bylo kolo na spodní vodu, a to následně využívalo kinetickou energii vody. Druhým, ale složitějším způsobem, bylo kolo na svrchní vodu, které mimo kinetické síly využívalo i sílu potenciální. V tomto případě bylo

ale zapotřebí zajišťovat rozdíl hladin, který byl dostupný především v horských oblastech, v nížinách se pro tyto potřeby musely vytvářet umělé jezy. Těmito způsoby bylo možné pohánět mlýnská kola, pily, hamry nebo čerpadla. V současnosti se vodní energie využívá především k transformaci na energii elektrickou za pomoci nejrůznějších vodních turbín, které se liší výkonem, rozměrem a konstrukcí, v závislosti na různých hydrologických a morfologických podmínkách v místě instalace vodní elektrárny (MOTLÍK ET AL 2007). První vodní elektrárna byla postavena ve městě Niagara Falls ve státě New York ve Spojených státech amerických v roce 1879. Největšího podílu vyrobené elektrické energie za pomoci vodních elektráren dosahuje Norsko. To je schopné až na 99,5 % pokrýt svou spotřebu tímto obnovitelným zdrojem. V České republice vyrobenou elektrickou energii z obnovitelných zdrojů pokrývají vodní díla až z 83 % (EUROSTAT 2020).

2.3 Energie biomasy

Po energii ze Slunce může být biomasa považována za nejstarší druh energie, které lidstvo doposud využívalo. Využití biomasy jako zdroj energie přišlo ve chvíli, kdy se člověk naučil rozdělovat a udržovat oheň. Z energetického pohledu je biomasa každý materiál rostlinného nebo živočišného původu, ze kterého je možné vyrobit palivo nebo ho energeticky využít. Druhů biomasy je velké množství. Jednak se využívají odpady z průmyslu, jako hnůj, kejda, chlévská mrva, čistírenské kaly, skládkové plyny, štěpka, kůra stromů, odpady z jatek, odpady z vinic, mlékáren, konzerváren a lihovarů. Ale také se biomasa cíleně pěstuje pro energetické využití, pak je to biomasa energetická a do ní jsou zahrnuty především tzv. rostliny C4 jako jsou kukuřice, čirok a tropické trávy (AUGUSTA 2001).

Biomasa je zdrojem obnovitelné energie, ale oproti energii ze slunce nebo větru může být v extrémních podmínkách zdrojem vyčerpatelným. K tomu by mohlo dojít, pokud by bylo čerpání rychlejší než samotné obnovování biomasy. Přestože se bere energie z biomasy za ekologický zdroj energie, není bez emisí, nýbrž je emisně neutrální. To znamená, že využitím energie z biomasy se zpět do atmosféry dostane jen tolik množství CO₂, které bylo potřeba pro přirozený vznik této biomasy.

Energii z biomasy lze získat třemi způsoby: termochemickou metodou, biochemickou metodou a metodou mechanicko-chemickou. Termochemická metoda zvaná též jako suchý proces spočívá ve spalování, pyrolýze, či zplyňování. Další

metodou je biochemická přeměna, která při anaerobním vyhnívání produkuje bioplyn, při aerobní fermentaci vzniká teplo a při alkoholové fermentaci vzniká ethanol. Mechanicko-chemická metoda vytváří tekutá paliva, jako je například bionafta. Lisováním biomasy vznikají přírodní maziva a při esterifikaci surové oleje (MASTNÝ ET AL 2011).

2.4 Energie prostředí

Energie prostředí je neustále kolem nás, jedná se o nízko potenciální teplo, které je ukryto ve vzduchu, vodě a půdě. Proto může být někdy tato energie nazývána jako energie geotermální. Vznik nízko potenciálního tepla existuje již od vzniku Země. V jádru Země probíhá totiž neustálý proces rozpadu radioaktivních látek a odpadní teplo z tohoto procesu prochází vrstvami Země, až na povrch. Sluneční záření má na vznik nízko potenciálního tepla také zásadní vliv. Energii prostředí je možné využít pro výrobu elektrické energie, pro přímé vytápění nebo využít tepelná čerpadla a převést nízko potenciální teplo na vyšší teplotní hladinu. Pro výrobu elektrické energie z geotermální energie se používají několika kilometrové vrtly v místech označovaných jako geotermální anomálie. Z vrtů je odebírána vodní pára, která na povrchu roztáčí turbínu generátoru a tím je produkována elektrická energie. Dalším využitím je přímé využití tepla z vrtů, takzvaně za pomoci geotermálních tepláren. Při přímém využití tepla dostačují vrtly hloubky 2000 m a teplota vody ve vrtech nepřesahuje 100 °C. Další možností využití energie z prostředí jsou tepelná čerpadla. Toto zařízení dokáže převést látku z hladiny teplotně nižší na hladinu teplotně vyšší. Tento princip vysvětlil již v roce 1852 Skotsko-irský vědec lord Kelvin. Nejpoužívanějším typem tepelného čerpadla (dále jen TČ) je typ vzduch-voda, který se hojně využívá u novostaveb rodinných domů. Je možné také využít tepelná čerpadla typu vzduch-vzduch, země-voda, nebo voda-voda, bohužel tyto typy jsou finančně nákladnější a jsou velice závislé na dané lokalitě. (DŘÍMAL 2015).

2.5 Energie větru

Historie o využití síly větru sahá až do 1. stoléní. V této době jsou již zmínky o větrných mlýnech postavených v Alexandrii. V Evropě tomu bylo až v roce 1180 a v České republice se mlýny objevily až v roce 1277 (STUDENÍK ET SVITAVSKÝ 201

6). Větrné mlýny se využívaly k mletí obilí, čerpání vody, lisování oleje, řezání dřeva či stloukání plstě. Větrná energie se používala i dlouhá století v mořeplavbě, vítr se opíral do plachet a tím je poháněl. Největší rozkvět větrných mlýnů na území Čech, Moravy a Slezska byl v rozmezí 40. až 70. let 19. století. Tohoto času bylo historicky doloženo, že na tomto území stálo 879 větrných mlýnů (POKORNÝ 1973).

Další etapou využití energie větru jsou větrné elektrárny. Tyto elektrárny jsou tvořeny většinou z vysokého sloupu, na jehož vrcholu je umístěna hřídel s vrtulí o třech lopatkách. Větrné elektrárny vyrábí elektrickou energii přeměnou z kinetické energie vzduchu proudícího mezi oblastmi s různým atmosférickým tlakem. Proudění vzduchu vzniká z důvodu nerovnoměrného ohřívání zemského povrchu slunečním zářením. Teplý vzduch má menší hustotu než vzduch studený, a proto má tendenci stoupat vzhůru a nahrazuje ho vzduch studený. Tento proces se stále opakuje a v důsledku toho vznikají v atmosféře tlakové rozdíly. Pohyb rotoru způsobuje rozdíl tlaku pod a nad lopatkou vrtule. V důsledku toho dochází na horní straně lopatky k poklesu statického tlaku a na spodní straně k jeho vzrůstu, což vede k roztočení vrtule větrné elektrárny (CENKA 2001).

Výhodou větrných elektráren je jejich obnovitelný charakter a minimální vliv na životní prostředí v jakékoliv fázi výroby, provozu, či recyklace. Hlavní nevýhodou je závislost na povětrnostních podmínkách, které jsou především v České republice značně nevypočitatelné, a obecně je na území České republiky nízký koeficient využitelnosti, který se v průměru pohybuje okolo 12 %. Dalším negativním aspektem je velký estetický zásah do krajiny, hluk, vibrace a změna mikroklima (FAKTA O KLIMATU 2020).

3 Energetická náročnost budov

Energetická náročnost budovy je hodnocena dle celkové roční dodané energie do budovy při standardizovaném provozu. Jedná se o energii vynaloženou na vytápění, ohřev vody, chlazení, větrání, úpravu vlhkosti vzduchu a osvětlení budovy (REMEŠ ET AL 2014). Požadované hodnoty energetické náročnosti stanovuje vyhláška č. 264/2020 Sb., o energetické náročnosti budov. Vyhláška č. 264/2020 Sb., nahrazuje tehdejší platnou vyhlášku č. 78/2013 Sb., a navazuje na změny v zákoně č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, která byla upravena novelou zákona

č. 3/2020 Sb. Nová vyhláška o energetické náročnosti budov byla vydaná především kvůli splnění podmínek směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/844 ze dne 30. května 2018 o energetické náročnosti budov.

Vyhláška č. 264/2020 Sb., tedy především určuje nákladově optimální úroveň pro energetickou náročnost nově stavěných budov a také pro stávající budovy, které prošly většími změnami. Dále poskytuje metodu pro výpočet energetické náročnosti budov, vzory pro technické, ekonomické a ekologické posouzení proveditelnosti a také vzory doporučených opatření ke snížení energetické náročnosti budov a vzor a obsah energetického průkazu.

Průkaz energetické náročnosti budov (dále je PENB) dokládá v podstatě přehled o spotřebě energie budovou. Průkaz energetické náročnosti budov může zpracovávat pouze energetický specialista s autorizací od Ministerstva průmyslu a obchodu. Průkaz je zpracován dle hodnot ukazatelů, které určuje vyhláška č. 264/2020 Sb. Po výpočtu se budova zařadí do kategorií A až G, které určují, jestli je budova mimořádně úsporná či mimořádně neekonomická (REMEŠ ET AL 2014). Průkaz energetické náročnosti budov vznikl především kvůli dvěma důvodům. Prvním důvodem byla potřeba přehledně klasifikovat energetickou náročnost budov, dohlédnout na dodržování pravidel při stavbě nových budov a zjišťovat jaký ekologický dopad to při provozu těchto budov má na životní prostředí. Druhým důvodem byla lepší informovanost a ochrana kupujícího při koupi nemovitost (ŠANCE PRO BUDOVY 2018). Všechny důležité informace jsou přehledně zpracovány do jednotného grafického znázornění průkazu, jak je vidět na obrázku č. 1.

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov

Ulice, č.p./č.o.: PSČ, obec: K.ú., parcelní č.: Typ budovy: Celková energeticky vztažná plocha: m²	FOTO
--	------

<h3 style="text-align: center; margin: 0;">KLASIFIKAČNÍ TŘÍDA</h3> <p style="text-align: center; font-size: small; margin: 0;">Primární energie z neobnovitelných zdrojů kWh/(m²·rok)</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="text-align: right; margin-right: 10px;"> <p>Mimořádně úsporná A ← XXX</p> <p>Velmi úsporná B ← XXX</p> <p>Úsporná C ← XXX</p> <p>Méně úsporná D ← XXX</p> <p>Nehospodárná E ← XXX</p> <p>Velmi nehospodárná F ← XXX</p> <p>Mimořádně nehospodárná G ← XXX</p> </div> <div style="text-align: center; margin-left: 10px;"> <p style="font-size: 2em; font-weight: bold; color: green;">←</p> <p style="font-size: 2em; font-weight: bold; color: green;">C</p> <p style="font-size: 1.5em; font-weight: bold; color: green;">XXX</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px; background-color: #ccc; padding: 5px; border: 1px solid black;"> Požadavky pro výstavbu nové budovy po roce 2022 jsou SPLNĚNY </div>	<h3 style="text-align: center; margin: 0;">ROZDĚLENÍ DODANÉ ENERGIE</h3> <p style="text-align: center; font-size: small; margin: 0;">MWh/rok</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <ul style="list-style-type: none"> ■ Elektřina ze sítě – XX,X ■ Slunce a en. prostředí – XX,X ■ Zemní plyn – XX,X ■ Biomasa – XX,X </div>																											
<h3 style="text-align: center; margin: 0;">UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI</h3> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: small;"> <tr> <td style="padding: 5px;">Průměrný součinitel prostupu tepla budovy</td> <td style="text-align: right; padding: 5px;">XXX W/(m²·K)</td> <td style="text-align: right; padding: 5px; color: green; font-weight: bold;">C</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Měrná potřeba tepla na vytápění</td> <td style="text-align: right; padding: 5px;">XXX kWh/(m²·rok)</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Celková dodaná energie</td> <td style="text-align: right; padding: 5px;">XXX kWh/(m²·rok)</td> <td style="text-align: right; padding: 5px; color: green; font-weight: bold;">B</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">+ Vytápění</td> <td style="text-align: right; padding: 5px;">XXX kWh/(m²·rok)</td> <td style="text-align: right; padding: 5px; color: green; font-weight: bold;">A</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">- Chlazení</td> <td style="text-align: right; padding: 5px;">XXX kWh/(m²·rok)</td> <td style="text-align: right; padding: 5px; color: green; font-weight: bold;">C</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Nucené větrání</td> <td style="text-align: right; padding: 5px;">XXX kWh/(m²·rok)</td> <td style="text-align: right; padding: 5px; color: yellow; font-weight: bold;">D</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Úprava vlhkosti</td> <td style="text-align: right; padding: 5px;">XXX kWh/(m²·rok)</td> <td style="text-align: right; padding: 5px; color: green; font-weight: bold;">C</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Příprava teplé vody</td> <td style="text-align: right; padding: 5px;">XXX kWh/(m²·rok)</td> <td style="text-align: right; padding: 5px; color: green; font-weight: bold;">C</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Osvětlení</td> <td style="text-align: right; padding: 5px;">XXX kWh/(m²·rok)</td> <td style="text-align: right; padding: 5px; color: red; font-weight: bold;">F</td> </tr> </table>		Průměrný součinitel prostupu tepla budovy	XXX W/(m ² ·K)	C	Měrná potřeba tepla na vytápění	XXX kWh/(m ² ·rok)		Celková dodaná energie	XXX kWh/(m ² ·rok)	B	+ Vytápění	XXX kWh/(m ² ·rok)	A	- Chlazení	XXX kWh/(m ² ·rok)	C	Nucené větrání	XXX kWh/(m ² ·rok)	D	Úprava vlhkosti	XXX kWh/(m ² ·rok)	C	Příprava teplé vody	XXX kWh/(m ² ·rok)	C	Osvětlení	XXX kWh/(m ² ·rok)	F
Průměrný součinitel prostupu tepla budovy	XXX W/(m ² ·K)	C																										
Měrná potřeba tepla na vytápění	XXX kWh/(m ² ·rok)																											
Celková dodaná energie	XXX kWh/(m ² ·rok)	B																										
+ Vytápění	XXX kWh/(m ² ·rok)	A																										
- Chlazení	XXX kWh/(m ² ·rok)	C																										
Nucené větrání	XXX kWh/(m ² ·rok)	D																										
Úprava vlhkosti	XXX kWh/(m ² ·rok)	C																										
Příprava teplé vody	XXX kWh/(m ² ·rok)	C																										
Osvětlení	XXX kWh/(m ² ·rok)	F																										

Energetický specialista: Osvědčení č.: Kontakt:	Ev. č. průkazu: Vyhотовeno dne: Podpis:
---	---

Obrázek 1: Vzor průkazu energetické náročnosti budovy (Vyhláška č. 264/2020 Sb.).

3.1 Charakteristika ekologických domů

Nejzdařilejší definici ekologického domu zatím zmínila Jana Plamínková ve své publikaci s názvem Slabikář ekologického bydlení. V tomto díle Plamínková definuje ekologicky dům takto: „*Ekologické stavby by se měly vyznačovat nízkou spotřebou stavebního materiálu, vody i energie, a to jak ve fázi vzniku, tak i během provozu, při modernizaci a konečné likvidaci. Všechny materiály by měly být co nejméně energeticky náročné při výrobě. Při ní by se zároveň mělo co nejvíce využívat druhotných surovin a odpadů. Stavby by měly mít dlouhou životnost. Důležité je co nejméně zatěžovat životní prostředí ve všech fázích své existence.*

Stejně tak je důležitá možnost recyklace materiálu po dožití díla“ (PLAMÍNKOVÁ 1998).

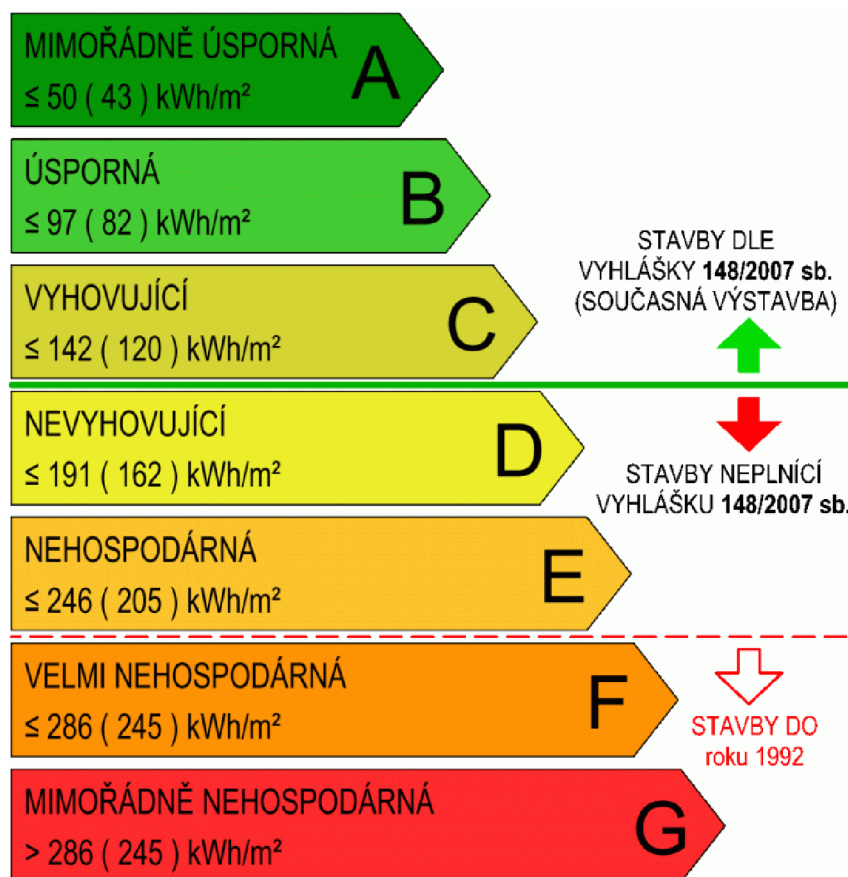
Ekologické domy začínají být v posledních letech velice žádané. Lidé si uvědomují, že se jim investice do výstavby ekologického domu vyplatí. Sníží se totiž provozní náklady na energie, a ještě k tomu je dům šetrný k životnímu prostředí. Ekologický dům může být nazýván také jako nízkoenergetický dům, je možné se setkat i s označením zelené bydlení. Za ekologický dům může být označen jak už zmíněný nízkoenergetický dům, tak i pasivní, nulový, ale především plusový dům (ČEJKA ET ANTONÍN 2017).

Všechny tyto varianty by měly využívat energii především z obnovitelných zdrojů a využívat rekuperaci tepla pomocí vzduchotechnické jednotky. Pro snížení tepelné energie na vytápění je potřeba, aby stavba byla orientována svou největší částí prosklené fasády na jih. Velmi důležitým kritériem je minimalizovat úniky tepla, a proto musí být použity vyhovující stavební materiály a musejí být dodržovány technologické postup při stavbě pro zajištění vzduchové neprůvzdušnosti. Nesmí chybět zateplení celé budovy, a to včetně základů a střechy. Samozřejmě musejí být i kvalitní okna s trojsklem a zateplené všechny dveře do exteriéru. Jako zdroj obnovitelné energie by měly být použity primárně fotovoltaické a větrné elektrárny, solární kolektory, tepelná čerpadla a rekuperace odpadních vod (ČEJKA ET ANTONÍN 2017). Mimo jiné by měl ekologický dům správně hospodařit s vodou. To v praxi znamená využívat dešťovou vodu pro splachování toalety, závlahu zahrady či mytí automobilu. Dále by neměla chybět alespoň recyklace šedé vody, která se po pročištění může využívat jako voda užitková, tedy dá se s ní pracovat stejně, jako s vodou dešťovou. Při přebytku se může tato šedá přečištěná voda nechat zasakovat do půdy bez škodlivého dopadu na životní prostředí. Aby byl dům opravdu ekologický a k tomu i soběstačný, je potřeba mít svůj zdroj pitné vody, například z vrtané studny a odpadní vodu zasakovat na svém pozemku za pomoci biologického čištění nejlépe kořenovou čistírnou (VODARIUM 2021).

3.2 Rozdělení rodinných domů podle energetické náročnosti

Povinnost dělení domů podle energetické náročnosti upravuje zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií. Tento zákon upravila novelizace, která vešla v platnost 1. července 2015. Další a zatím poslední úprava zákona

proběhla 1. ledna 2020. Zákon č. 406/2000 Sb., ukládá povinnost ke každé budově obstarat energetický štítek. Ten se uděluje podle několika kritérií, především podle spotřeby elektrické energie, vody, dále také podle objemu vyprodukovaných emisí nebo hlučnosti. Podle všech sledovaných ukazatelů se určí kategorie budovy od A (mimořádně úsporná) až po G (mimořádně neekonomická). Ekologické domy spadají do kategorie A a B, protože mají tepelné ztráty menší nebo rovny $97 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$ za rok, jak je znázorněno na obrázku č. 2.



Obrázek 2: Energetický štítek s kategoriemi dle spotřeby energie (Hrbáč 2015).

Ekologické domy je možné rozdělit podle energetické náročnosti na domy nízkoenergetické, pasivní, nulové a aktivní, které jsou také nazývány jako energeticky plusové domy. Porovnání mezi jednotlivými standardy není vždy jednoduché, jelikož jsou definovány jinými technickými kritérii. Dále je také nutné podotknout, že žádný z výše zmíněných pojmů není v legislativě České republiky nijak definován, a proto se jedná o čistě dobrovolnou klasifikaci (ČEJKA ET ANTONÍN 2017).

3.3 Nízkoenergetický dům

Lze tvrdit, že nízkoenergetické domy jsou přechodným standardem mezi běžnými a pasivními domy. Hlavním kritériem je měrná potřeba tepla, která nepřesahuje 50 kWh.m^{-2} za rok. Další kritéria jsou definována například v české státní normě (dále jen ČSN) 73 0540-2, a v technické normalizační informaci (dále jen TNI) 73 0329, které mimo hlavního kritéria upřesňují i další doporučené hodnoty tepla, jako je neprůvzdušnost obálky nebo součinitel prostupu tepla. Pro dodržení těchto podmínek je kladen důraz na vysoký tepelný odpor obvodových stěn, kvalitní zateplení základu stavby a střechy, dále maximální eliminace tepelných mostů a kvalitní okna s vyplní z trojskel a zateplené dveře. Dále je potřeba trochu jiná koncepce vytápění, než u standardních budov s radiátory, která spočívá především ve využití podlahového teplovodního vytápění. Jedná se tedy o druh vytápění s nízkým teplotním spádem, a proto je možné využít alternativní zdroje vytápění jako je tepelné čerpadlo nebo kondenzační plynový kotel (TYWONIAK 2012).

3.4 Pasivní dům

Potřeba tepla na vytápění je u pasivních domů definována na 15 kWh.m^{-2} za rok, ale i méně. Dosáhnutí pasivního standardu není jednoduché, a proto se tento záměr musí zohlednit již v projektové části. Zásadní je správné umístění stavby na pozemku, tvar objektu, dispozice místností a orientace prosklených ploch. Hlavní roli hraje i kvalitní zateplení a absolutní eliminace tepelných mostů. Pasivní domy mají tak velmi malé tepelné ztráty, že pro udržení tepelného komfortu stačí využívat sluneční záření a kvalitní vzduchovou rekuperační jednotku. Rekuperace zajišťuje předehřátí čerstvého venkovního vzduchu na požadovanou komfortní teplotu a vhánění ho do jednotlivých částí domu. Naopak vydýchaný odpadní vzduch je z domu odsáván a vypouštěn přes jednotku ven. Odpadní vzduch je vyháněn přes tepelný výměník rekuperační jednotky, která předehřívá čerstvý vzduch, tudíž jde o velmi energeticky úsporné řešení. Velkou výhodou rekuperace vzduchu je zajištění stále kvalitního vnitřního klimatu, které znemožňuje výskyt nežádoucích bakterií a plísní. Celý systém s kooperací senzorů, které měří obsah CO_2 v ovzduší a relativní vlhkost vzduchu, dokáže v domě automaticky zajišťovat velmi zdravé prostředí s čerstvým vzduchem a správnou vlhkostí (NAGY 2002).

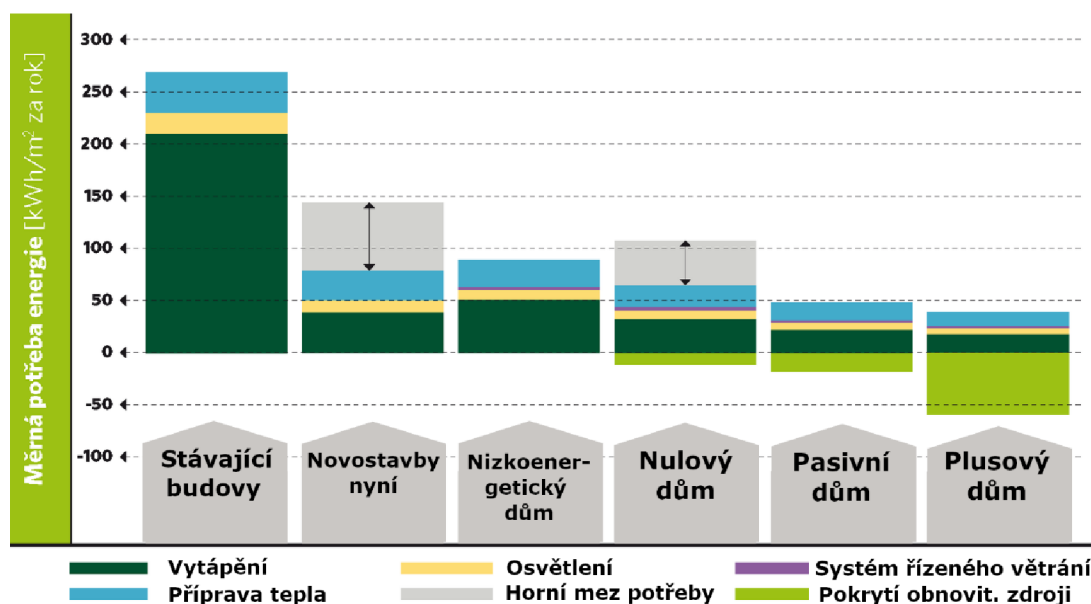
3.5 Nulový dům

Nulové domy jsou extrémem pasivních domů. Jejich roční potřeba tepla na vytápění se pohybuje pod $5 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$ a stejně jako u pasivních domů, i zde hraje značnou roli usazení stavby na pozemku, tvar domu, orientace vzhledem ke slunci, dispozice a volba materiálů. I u nulový dům je velice dobře zajištěn proti tepelným ztrátám a využívá automatické nucené větrání rekuperací. Nutno podotknout, že se termínem nulový dům nemyslí dům, který by nepotřeboval externí zdroje energie, a jeho náklady na energie by byly nulové. Jedná se totiž o roční bilanci spotřeby primární energie. Systémy produkující energii budou mít v letním období značné přebytky, ty se ale v ročním součtu uplatní především v zimním období, kdy je energie značný nedostatek. V nulovém standardu se využívají především zdroje energie získané z fotovoltaických a solárních technologií a tepelných čerpadel (ČEJKA ET ANTONÍN 2017).

3.6 Aktivní dům

Aktivní, někdy nazývaný také jako plusový dům je pojem, který je definován roční potřebou energie na vytápění $0 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$. Bohužel s tímto typem domu se prakticky nesetkáme. Lze říct, že aktivní dům by měl vyprodukovat více energie, než sám spotřebuje a přebytky energie by mohl prodávat do rozvodné sítě. Pro toto koncepční řešení platí velmi precizní dodržení extrémních hodnot, kterých musí dosahovat dům nulový. Navíc by jako zdroje energie měly být primárně obnovitelné zdroje energie, jako jsou geotermální vrty, fotovoltaické elektrárny, solární kolektory, větrné a vodní elektrárny (KUTHAN 2021).

Na grafu č. 4 je možné vidět srovnání jednotlivých standardů podle energetické náročnosti a rozdělení potřeby energie za rok na jednotlivé složky. Závěrem také možno říct, že při současných cenách materiálu a dostupných technologiích a zachování komfortu jsou primární investice nepřímo úměrné měrné potřebě energie.



Graf 4: Rozdělení standardů výstavby dle měrné potřeby tepla (Šance pro budovy 2022).

4 Recyklace a nakládání s odpadem z FV panelů

V Evropské unii na začátku roku 2015 začala platit směrnice Evropského parlamentu č. 2012/19/EU, která popisuje, jak nakládat s materiály vzniklých při likvidaci FV panelů a jak je využívat. Směrnice nařizuje recyklovat minimálně 70 % materiálu z každého FV panelu. Při splnění těchto podmínek je dovoleno zbytek odpadu skládkovat. V České republice veškeré povinnosti při zpracování, využití a odstranění elektroodpadu z FV panelů stanovuje zákon č. 185/2001 Sb., v § 37. Při likvidaci FV panelů z FV elektráren do 30kWp je možnost odevzdat vysloužilé FV panely zcela zdarma v síti běžných sběrných dvorů, které umožňují sběr elektroodpadu. U FV elektráren nad 30kWp už musí být provozovatel zapojen do kolektivního systému zpětného odběru a individuálně zajišťovat místo odběru a způsob předání FV panelů recyklační společnosti. Ani v jednom případě se za recyklaci neplatí, jelikož zpracování odpadu je hrazeno z již zaplacených recyklačních poplatků, které byly dopředu odvedeny výrobcí či dovozci do speciálních fondů (BECHNÍK 2011). 1. ledna 2021 nabil platnosti nový zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech, a také zákon č. 542/2020 Sb., o výrobcích s ukončenou životností, který mimo jiné v příloze č. 3 stanovuje minimální míru recyklace FV panelů na 85 %.

Podle aktuálních informací se v Evropské unii odhaduje množství FV panelů na 3 miliony tun. Zjišťuje se, že mechanické metody recyklace začínají narážet na své limity. Bohužel ještě nejsou vyvinuty efektivnější a udržitelné metody recyklace. Odhaduje se, že od roku 2015 se bude recyklovat 30 tisíc tun FV panelů ročně a v příštích 20 letech by toto množství mohlo dosáhnout až 500 tisíc tun. Pokud se tedy do té doby neprijde na efektivní řešení recyklace, může se stát, že při použití aktuálních metod bude negativně ovlivněno životní prostředí a tím pádem i lidské zdraví (EUROPEAN COMMISSION 2013).

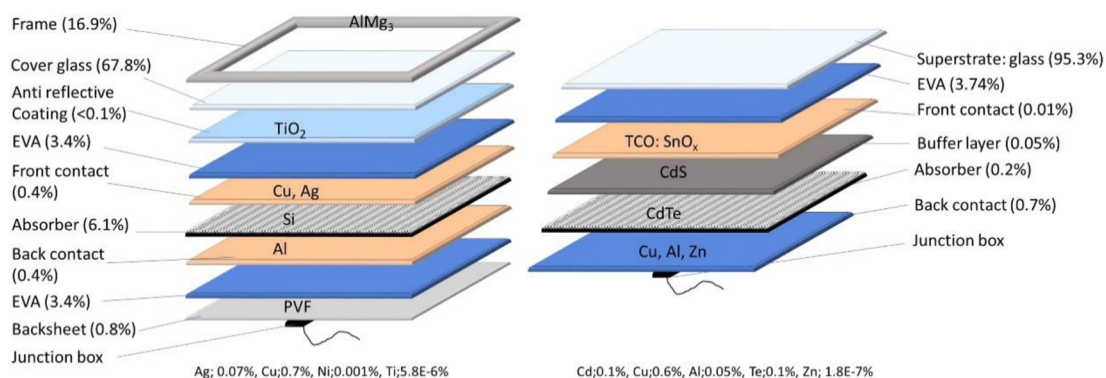
4.1 Termicko-chemická metoda

Nejpoužívanější metodou pro komerční využití v České republice i v zahraničí je zatím stále termicko-chemická metoda a její modifikace v jednotlivých dílčích procesech. Metoda byla navržena a vyzkoušena poprvé společností Deutsche Solar AG. Termicko-chemická metoda tkví v zahřívání FV panelů na teplotu přesahující 500 °C, toto zahřívání probíhá až po odstranění kompletního hliníkového rámu, který se dá jednoduše recyklovat separátně. Při této teplotě se veškeré plastové díly odpařují. A dále se tyto plynné formy plastu dostávají do komor, kde jsou řízeně a ekologicky spalovány. Energie vzniklá při spalování se využívá k samotnému recyklačnímu procesu. Následně jsou zbylé části panelu mechanicky separovány. Pokud nejsou panely mechanicky poškozené lze použít až 85 % FV článků pro výrobu nového FV panelu. Metoda je vhodná pro recyklaci klasických monokrystalických a polykrystalických FV panelů (MATAJS 2020).

V dalším kroku probíhá chemické čištění zbylých částí FV panelu, a to je největší nevýhodou této metody. Chemické čištění je totiž velice nákladný z důvodu vysoké ceny potřebných rozpouštědel. Z pohledu životního prostředí je toto čištění zvláště neekologické a zároveň neekonomické, jelikož vznikají vysoké náklady na likvidaci využitých rozpouštědel. Oproti tomu je ale velkou výhodou, že se touto metodou dají získat nepoškozené FV články a jak již bylo zmíněno, mohou se z nich vyrobit nové FV panely. Díky tomu je možné snížit energii k výrobě nových FV článků až o 70 % (HASELHUHN ET MAULE 2017).

4.2 Mechanicko-chemická metoda

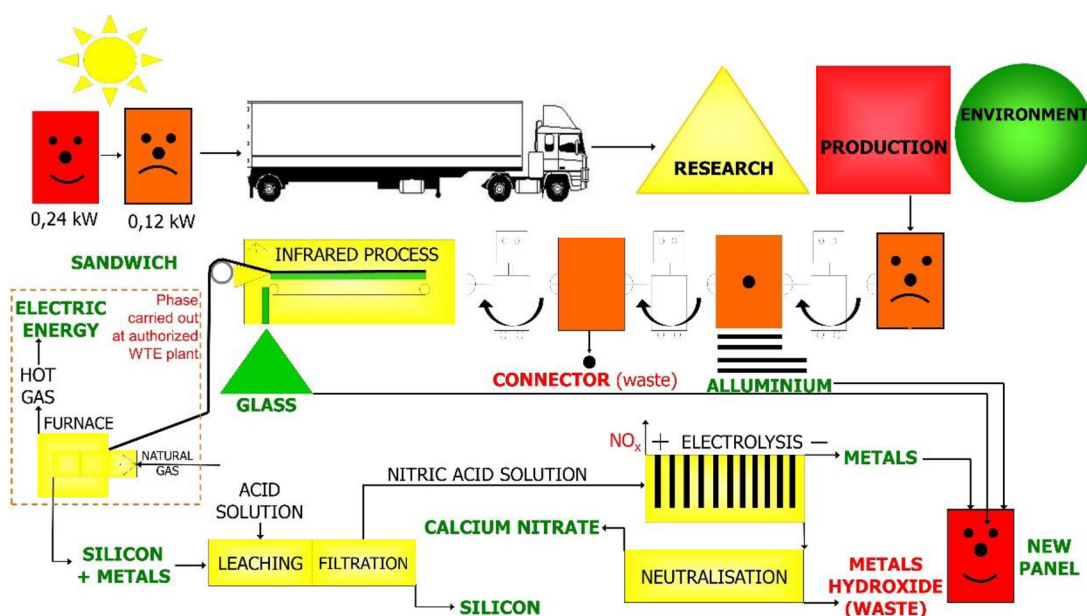
Tato metoda se odvíjí od recyklace panelů z tekutých krystalů (dále jen LCD) panelů. Zprvu se ručně demontuje hliníkový rám a přívodní kabely, poté se celý FV panel postupně rozdrť. Drcení probíhá v drtičích, které mohou být čelistové, bubnové či kotoučové. Rozdrcené fragmenty se následně třídí a rozdělují na různé frakce dle velikosti. Třídění probíhá několika metodami. Pro roztržení skla se používá vibrační třídič, který přiměje sklo svými vibracemi rozpadnout se na malé částičky. K oddělení kovu a plastu slouží fluidní a mokré splavy. Elektrodynamickou separací se oddělují neželezné kovy. V suchém pneumatickém fluidním separátoru se separují malé částice o rozměrech několika milimetrů a v mokřém gravitačním splavu se odlučují jemnozrné materiály. Další zájmové kovy jako je stříbro se získávají chemickými a pyrometalurgickými procesy (ZEMKOVÁ 2019). Tato metoda je vhodná především pro tenkovrstvé amorfní FV panely. Ve srovnání s předešlou metodou recyklace je u této metody nižší podíl manuální ruční práce. Z ekologického pohledu je důležité precizně recyklovat především tenkovrstvé FV panely s obsahem těžkých kovů, jako je kadmium a telur, ty totiž představují značnou zátěž pro životní prostředí. Pomocí této metody se dá získat 90 % skla a až 95 % polovodičových materiálů (MAANIA ET AL 2020). Na obrázku č. 3 je vidět porovnání materiálového zastoupení mezi polykrystalickým a amorfním fotovoltaickým panelem.



Obrázek 3: Materiálové zastoupení jednotlivých typů FV panelů (MAANIA ET AL 2020).

4.3 FREL P metoda

Ani jedna s předešlých metod recyklace není bohužel dlouhodobě udržitelná a neumožňuje úplnou recyklaci všech komponentů FV panelu. Proto vzniknul systém recyklace Full Recovery End of Life Photovoltaic, známý jako FREL P financovaný z fondů EU. Tento systém si klade za cíl vyvinout novou inovativní technologii, která by umožnila 100 % recyklaci vysloužilých FV panelů. Hlavní dvě priority procesu jsou maximální vytěžení extra číreho skla pro průmyslovou výrobu dutého a plochého skla a také získávání křemíku, který má být použit jako ferosilicium k výrobě oceli. V případě, že by byl získán křemík s vyšší čistotou, byl by využit k přeměně na amorfnní křemík. Oba tyto procesy by pozitivně přispěly ke snížení produkce emisí CO₂, které vznikají při tavení skla a výrobě primárního křemíku. Dále se očekává úplné využití hliníku a konektorů v jiných průmyslových odvětví, zlepšení technologie pro separaci Etylen-Vinyl-Acetátových (dále jen EVA) folií a úplné získávání vzácných kovů nízkotlakou reverzní osmózou (EUROPEAN COMMISSION 2013). Na obrázku č. 4 je znázorněno schéma systému FREL P.



Obrázek 4: Schéma procesu recyklace podle systému FREL P (Sasil s.r.l. 2021).

5 Podpora výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů

Výroba energie z obnovitelných zdrojů je podporována různými dotacemi na pořízení či výstavbu a je i zvýhodněna cenami za výkup. V České republice je elektřina z kombinované výroby elektřiny a tepla z obnovitelných zdrojů podporována formou zelených bonusů či výkupních cen. Systém podpory je zakotven v zákoně č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů. Výše ceny výkupu je v Kč.MWh⁻¹ a je každoročně upravována aktuálním cenovým rozhodnutím Energetického regulačního úřadu. Výrobci elektrické energie z obnovitelných zdrojů si můžou volit mezi formou podpory podle svého vlastního uvážení, ale vždy jen jednou za kalendářní rok, a to k 1. lednu daného roku.

Při využití podpory formou zeleného bonusu je možné dostat za každou vyrobenou KWh částku určenou pro daný rok Energetickým regulačním úřadem. Tato energie je využita pro pokrytí elektrické spotřeby domu, a tím je zároveň šetřena částka za energii, která by byla za běžného provozu zaplácena provozovateli distribuční soustavy. V případě podpory výroby energie z OZE, formou výkupních cen, je provozovatel přenosové soustavy nebo provozovatel regionální distribuční soustavy povinen vykoupit veškerou vyrobenou energii z připojeného zdroje za předem smlouvenou cenu.

Rozsah a parametry výroben energie z obnovitelných zdrojů popisuje vyhláška Ministerstva obchodu a průmyslu (dále jen MPO) č. 477/2012 Sb. O podmínkách pro připojení výrobní k distribuční soustavě pojednává vyhláška energetického regulačního úřadu (dále jen ERÚ) 16/2016 Sb., ve které jsou i mimo jiné podmínky pro připojení mikrozdrojů, tj. zdrojů do 10 kW. Sankce a pokuty za neoprávněné odběry nebo dodávce elektrické energie do distribuční sítě jsou popsány ve vyhlášce MPO č. 82/2011 Sb. V roce 2016 byla také přijata novela zákona č. 586/1992 Sb., o dani z příjmu fyzických osob. Podle této novely jsou příjmy z provozování výroben elektřiny z obnovitelných zdrojů do 10 kW osvobozeny od daně z příjmu.

6 Fotovoltaika

6.1 Historie fotovoltaiky

Objev fotoelektrického jevu je znám již od roku 1839 a připisuje se mladému fyzikovi Alexandru Edmondovi Becquerelovi, který v pouhých 19 letech při experimentu narazil na spojitost mezi kovovými elektrodami ponořených do elektro vodivého roztoku a mírou osvětlení. Při určité intenzitě dopadajícího záření bylo na elektrodách pozorováno zvýšení napětí a zároveň docházelo k průchodu proudu mezi elektrodami. Tento jev je někdy připisován jeho otci nejspíše proto, že jako mladý pracoval v jeho laboratoři. Dalším zjištěním bylo, že výboj mezi elektrodami se vytvoří snadněji při ozáření ultrafialovým světlem, což dokázal v roce 1887 Heinrich Rudolf Hertz (HERTZ 1887). Jako první, kdo popsal fotoelektrický jev, byl v roce 1905 Albert Einstein, který především za objev mezi zákonitostmi fotoelektrického jevu obdržel v roce 1921 Nobelovu cenu za fyziku.

Fotovoltaický jev jako první spatřili vědci William Grylls Adams a Richard Evans Day v roce 1876 na polovodičovém přechodu mezi selenem a platinou. Další fotovoltaický článek byl vyroben na bázi selenu americkým vynálezcem Charlesem Frittssem v roce 1883. Bohužel účinnost jeho vyrobeného fotovoltaického článku byla nižší než 1 %. Až v roce 1940 vyrobil fotovoltaický článek na bázi křemíku s účinností okolo 1 % americký inženýr Russell Shoemaker Ohl, který si tento objev také nechal patentovat. Za pouhých 14 let, tedy v roce 1954, už byl vyroben první monokrystalický fotovoltaický článek, který měl účinnost přibližně 6 % a mohl se využívat pro výrobu elektřiny (APS 2009; BERANOVSKÝ ET AL 2008).

Jako zdroj elektrické energie se začaly fotovoltaické články používat v roce 1958 na kosmických družicích. Tento zdroj se u družic používá dodnes a je to převažující zdroj energie pro kosmický průmysl (NASA 2011). V sedmdesátých letech cena fotovoltaických článků klesla a začalo se postupně zvyšovat využívání na zemi především pro zařízení mimo dosah elektrické sítě. Dalším velkým pokrokem ve využívání byla ropná krize, díky které vlády začaly investovat do nových technologií pro výrobu energií. Následně došlo k masivnímu rozšíření polovodičových součástek a navýšení produkce křemíku, který snížil výrobní

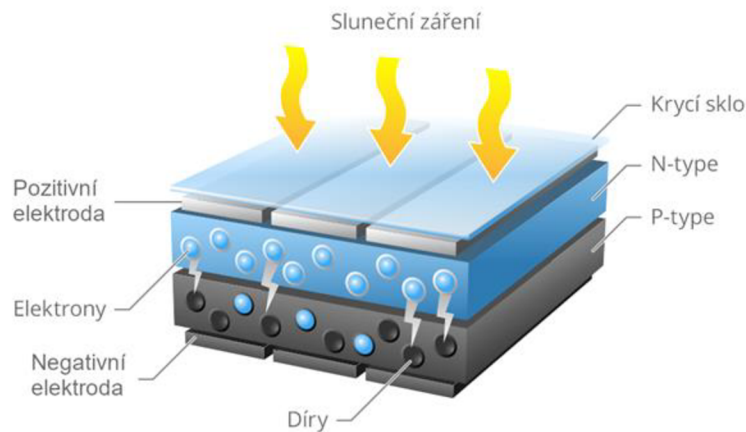
náklady na fotovoltaické články. Ty se proto poté mohly stát na trhu dostupnějšími (BECHNÍK 2014).

6.2 Fotovoltaický jev

Fotovoltaický jev je jednou z forem vnitřního fotoelektrického jevu. Fotovoltaický jev je fyzikální proces, při kterém se ve fotovoltaickém článku přeměňují sluneční energie na energii elektrickou. V současnosti je nejvíce rozšířený krystalický křemíkový fotovoltaický článek. Pro fungování je potřeba velmi čistý krystalický křemík, který tvoří velmi stabilní atomovou krystalickou mřížku. Každý atom křemíku má čtyři valenční elektrony při vytváření stabilní konfigurace elektronů tvoří v krystalické mřížce vždy dva elektrony sousedních atomů elektronové páry. Tvorba elektronů může být přerušena vlivem tepla nebo světla. Tento vnější vliv umožňuje elektronu volně se pohybovat a tím může zanechat v krystalové mřížce díru. Tomuto jevu se říká vlastní vodivost, ta se ale nedá použít pro výrobu elektrické energie. Aby mohly fotovoltaické články fungovat jako zdroj elektrické energie musí se do krystalové mřížky vkládat záměrně nečistoty, takzvané dotované atomy. Jedná se především o atom fosforu, který má o jeden elektron více, nebo o atom bóru, který má naopak o jeden elektron méně než atom křemíku (GOETZBERGER 1997).

Při dotování křemíku fosforem je pro každý atom fosforu k dispozici jeden elektron, při dotování křemíku bórem je pro každý atom bóru připravena jedna díra. Z toho vyplývá, že můžou elektrony sousedních atomů křemíku tyto díry vyplnit. Volné náboje však nemají žádný směr, a tudíž nemůže proces přeměny energie fungovat. Pokud se ale spojí polovodičové vrstvy, vznikne přechod PN. To vede k tomu, že přebytečné elektrony na tomto přechodu difundují z polovodičové vrstvy N na polovodičovou vrstvu P, a proto vzniká elektrické pole. Jak je vidět na obrázku č. 5, pokud se fotovoltaický článek vystaví slunečnímu záření, elektrony začnou absorbovat fotony a tím se rozbíjejí elektronové vazby krystalové mřížky. Volné elektrony jsou pak přitahovány do polovodičové vrstvy typu N a vznikající díry putují do polovodičové vrstvy P, a takto vzniká fotovoltaický jev. Jeli navíc k fotovoltaickému článku připojena zátěž, tak se celý elektrický obvod uzavře a může protékat elektrický proud (QUASCHNING 2021).

PRINCIP FOTOVOLTAICKÉHO JEVU



Obrázek 5: fotovoltaický jev (svetenergie.cz 2022)

6.3 Části FV elektrárny

6.3.1 Fotovoltaický článek

Pro výrobu fotovoltaických článků se používá především prvek křemík. Právě tento prvek se díky svým vlastnostem stal nejpoužívanějším polovodičem pro fotovoltaiku. Dle Vrtka (2012) lze křemíkové články klasifikovat do tří kategorií:

Monokrystalické – jedná se o nejpoužívanější články, které mají za ideálních podmínek nejvyšší účinnost. Jejich předností je také delší životnost. Účinnost se pohybuje podle světelných podmínek okolo 14-18 %. Monokrystalický článek se vyznačuje tmavým odstínem hnědé až černé barvy, a je tvořen z jednoho krystalu.

Polykrystalické – jsou tvořeny z mnoha krystalů, proto jejich struktura není jednolitá a vyznačuje se typickými modrými odstíny. Jejich životnost je nepatrně nižší a účinnost se pohybuje okolo 12-17 %. Polykrystalické články najdou uplatnění především v oblastech, kde není možno zajistit ideální světelné podmínky, jelikož při rozptýleném osvětlení dosahují lepších výsledků než články monokrystalické.

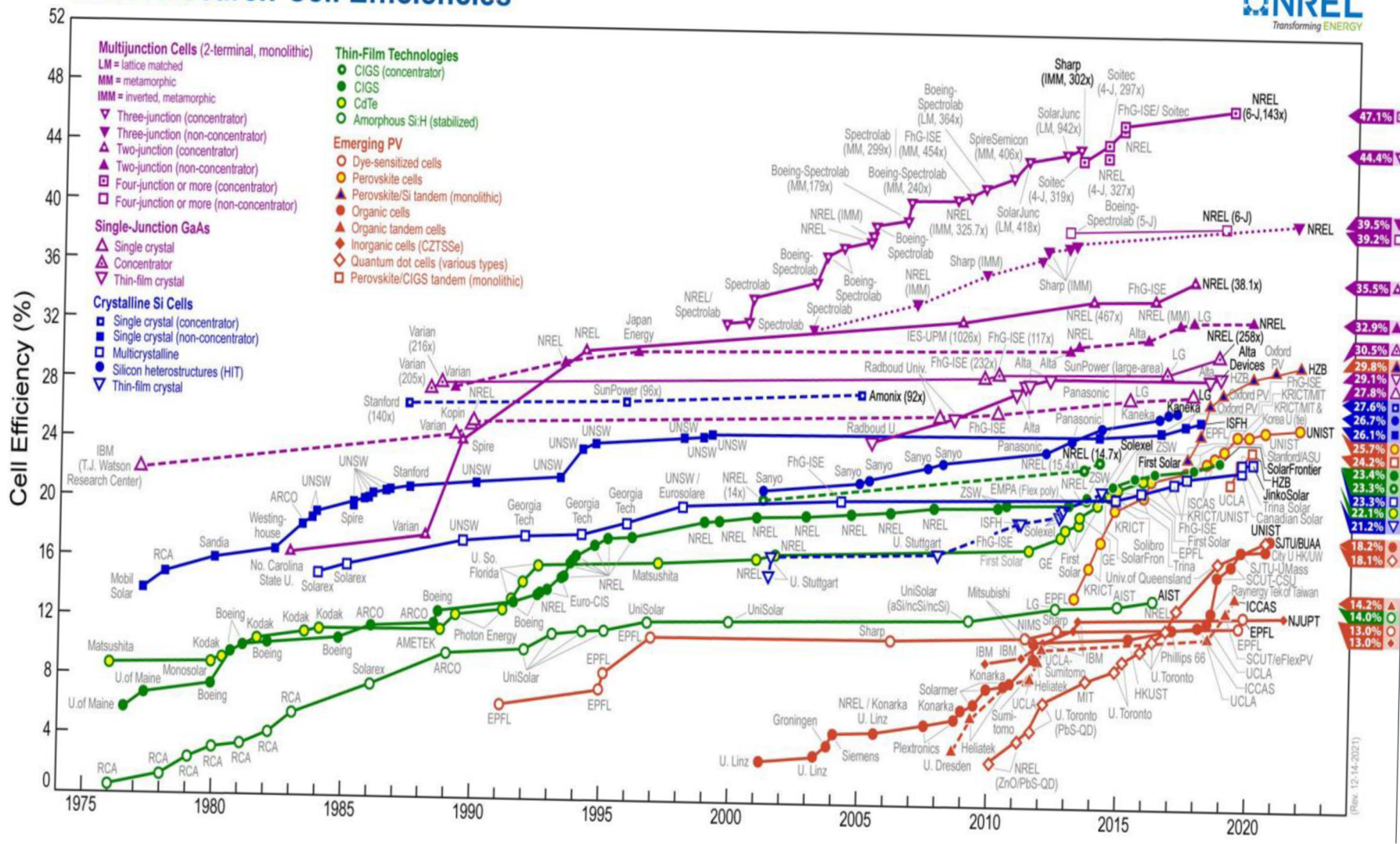
Amorfni – články se vyznačují výbornou absorpcí světla v nehostinných podmínkách, a proto si zachovávají vysoké napětí i při malé intenzitě osvětlení. Jedná se o napařovaný křemík ve velmi tenké vrstvě na sklo nebo folii, a proto je spotřeba křemíku minimální. Ovšem jejich účinnost je pouhých 7-9 %, a také degradace

článek s časem je vyšší. Jeho odstíny se pohybují od světle šedé, až do černé barvy. Nejběžnější využití je v zařízeních o malých výkonech, jako je např. kapesní kalkulátor (LIBRA ET POULEK 2009).

Samozřejmě druhů fotovoltaických článků je celá řada, ale prozatím se do komerční sféry dostaly jen tyto tři výše zmíněné typy, které jsou hojně využívány pro FV elektrárny. Místo popisu všech technologií a kombinací je na grafu č. 5 znázorněn vývoj v čase všech druhů fotovoltaických článků a porovnání jejich účinnosti. Za zmínku stojí určitě vývoj perovskitového fotovoltaického článku, který za posledních pár let zaznamenal významný pokrok. Zatím ale nedosahuje hodnot, které by byly výhodné pro využití i v komerční oblasti. Na pomyslném prvním místě se může pyšnit čtyř vrstvý koncentrátorový krystalický článek, který dosahuje v laboratorních podmínkách účinnosti až 47,1 % (HASELHUHN ET MAULE 2017).

Vícevrstvé koncentrátorové fotovoltaické články jsou zatím nejrychlejší možností, jak zvyšovat účinnost článků. U těchto článků jsou na sobě navrstvené různě polovodičové vrstvy, které se vzájemně překrývají. Každá vrstva je optimalizována na různou vlnovou délku světla. Tyto články společně s koncentrátorem ve formě Fresnelovy čočky dosahují nejvyšších účinností. Úskalí těchto článků je především v tom, že se musí zajistit velmi kvalitní odvod tepla. Dále se tyto FV články musí umísťovat především na osluněná místa bez mraků, prachu a páry. Vícevrstvé články jsou už od roku 2008 sériově vyráběny a jsou s nimi provozovány FVE především ve Španělsku, kde jsou pro ně příhodné podmínky. Tyto FVE zatím reálně dosahují účinnosti okolo 27 % (BARNETT 2009).

Best Research-Cell Efficiencies



Graf 5: I [vnoj] tehnologiji PV članku (NREL, 2021).

6.3.2 Fotovoltaický panel

Jak už bylo řečeno, fotovoltaických článků je velké množství, ale pořád lze říci, že drtivá většina spadá do tří základních skupin. Těmi jsou fotovoltaické panely monokrystalické, polykrystalické a amorfní. Fotovoltaické elektrárny se staví především v lokalitách s velmi dobrými světelnými podmínkami, zkrátka při návrhu převažuje získání celkového maximálního výkonu před rozložením výkonu do delšího časového horizontu. A proto jsou nejčastěji používány monokrystalické FV panely.

Fotovoltaický monokrystalický panel je zařízení tvořené z řady sérioparalelně zapojených fotovoltaických článků. Tyto články jsou k sobě spojovány většinou pájením. Samotný článek má spodní a horní kontakt, aby bylo zajištěno sériové zapojení, spojí se horní kontakt se spodním kontaktem následujícího článku. Ve standartních panelech je takto k sobě sériově zapojeno 36 až 72 článků. Tyto sériově zapojené řetězce se taktéž propojují křížem, aby vzniklo paralelní zapojení, které prochází přes bočnickové diody, a tím se významně zvýší vlastnosti panelu odolávat zastínění. Takto spojené články už dokážou při osvitu generovat výkon, ale jsou velice křehké a kvůli ochraně vůči mechanickému namáhání, povětrnostním vlivům a vlhkosti, se tento řetězec článků zapouzdřuje do průhledného spojovacího materiálu, který slouží taktéž jako dielektrikum mezi jednotlivými články. Spojovací materiál není sám o sobě nosný, a proto se jako nosná vrchní vrstva nejčastěji využívá bílé sklo s nízkým obsahem oxidu a nepatrné příměsi železa, jenž zvyšuje transparentnost skla na 96 % a zbavuje ho zeleného nádechu, který běžná skla mívají. Krycí sklo musí být instalováno na světlo citlivou stranu článku. Zároveň toto krycí sklo musí splňovat podmínky maximální transparentnosti, odolávat vysokým teplotám a mechanickému zatížení, toho lze docílit jen jeho kalením. (LIBRA ET POULEK 2009).

Pro zapouzdření článku se používá především etylen-vinyl-acetát (EVA), v značné míře se také začíná prosazovat polyvinyl butyral (dále jen PVB), dalšími možnými materiály na zapouzdření jsou třeba termoplastické polyuretany, ionomery, polyakrylátové pryskyřice, teflon a silikony. Pro zapouzdření se používají laminátory převážně vakuované a válcové s napojením na autokláv, který zvyšuje až čtyřnásobně rychlost produkce. Při zapouzdření do EVA se FV články vloží mezi dvě vrstvy EVA folie, následně se tato sestava položí na transparentní sklo a ze zadní

části se položí nepropustná odrazová krycí tedlarová folie. Takto připravený polotovár se přemístí do vakuové komory, kde na něj působí přetlak a podtlak při teplotě do 150 °C. EVA folie se při tomto procesu roztaví a obalí FV články ze všech stran. K takto připraveným FV panelům se ze zadní strany na předem vyříznuté otvory připojí krabice, která obsahuje kontakty pro připojení článků a bočníkové diody. Jako bočníkové diody se používají křemíkové a schodky diody nebo také výkonné elektronické spínače, které oproti bočníkovým diodám nemusí být precizně chlazeny. Připojovací krabice musí splňovat mezinárodní krytí (dále jen IP) alespoň IP55 a třídu ochrany II podle evropské normy EN 50548.

V poslední fázi je potřeba modul vložit do hliníkového rámu, který ochrání citlivé hrany skla, zlepšit statické vlastnosti modulu a umožní upevnění na montážní podstavce. Mezi hliníkovým rámem a modulem je vloženo gumové těsnění se zkosenou hranou, a to znemožní průchod vlhkosti do modulu a snižuje možnost hromadění nečistot. Hliníkový rám je opatřen montážními otvory pro snadnější uchycení k nosné konstrukci a také otvory pro odkapávání vody.

Typické monokrystalické FV panely se skládají z 36 až 216 článků a dosahují výkonu 200 až 400 Wp. Rozměry zatím nejsou standardizované a pohybují se okolo 1,6 m x 1 m. Efektivita se pohybuje okolo 19 % a po prvním roce provozu se sníží výkon o 2 % v dalších letech o 0,55 %. Panely se nabízejí s nominálním napětím 12 V, 24 V, 38 V a 48 V, v roce 2021 bylo nejběžnější napětí 38 V (HASELHUHN ET MAULE 2017).

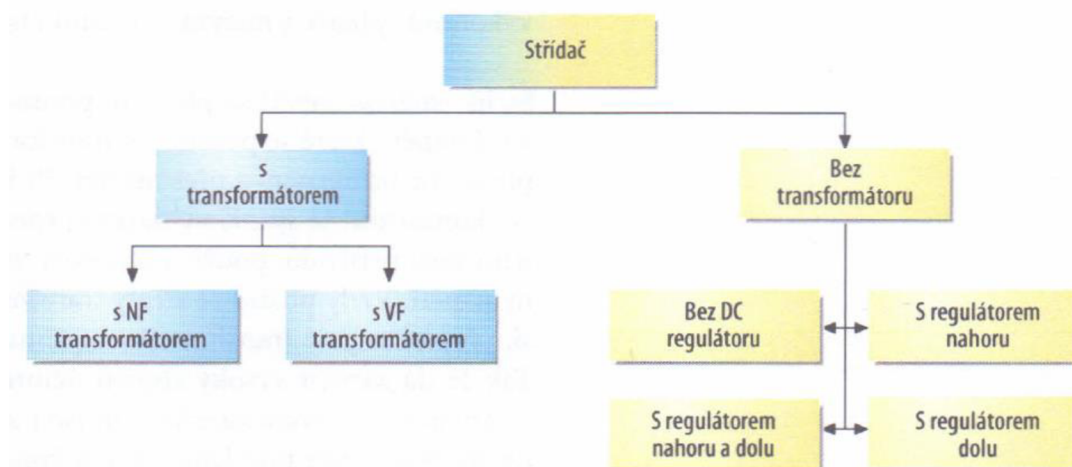
6.3.3 Střídač

Střídač je zařízení mezi fotovoltaickými panely a rozvodnou sítí či spotřebičem střídavého proudu. Střídač přeměňuje stejnosměrný proud (dále jen DC) na střídavý proud (dále jen AC) a přitom neustále upravuje kmitočet a napětí připojené sítě. Střídače se rozdělují dle použití na systémy ostrovní a na systémy připojené k rozvodné síti. Střídač nazývaný také jako konvertor DC-AC nebo invertor, je v podstatě řídicí centrum. Mimo konverze proudu podává informace o vyrobené energii, monitoruje a reguluje napájení sítě a v případě jakékoliv poruchy v přenosové soustavě automaticky odpojí fotovoltaické panely od sítě. U fotovoltaických elektráren se používají střídače jednofázové, pro větší instalace

třífázové. Střídače jsou velmi výkonná zařízení, která běžně dosahují účinnosti až 98 % (HANZE ET HILLEBRAND 2000; KOŘENEK 2019).

Střídače je možné rozdělit na dvě hlavní kategorie, střídač s transformátorem a střídač bez transformátoru. Jak je vidět na obrázku č. 6 rozdělení ještě pokračuje. Střídač s nízkofrekvenčním (dále jen NF) transformátorem je zastaralý a od jeho využití se opouští. Jeho hlavní nevýhoda je velká ztráta výkonu na transformátoru, také vyšší konstrukční velikost, vysoká hmotnost a od toho se negativně odvíjí i cena. Střídač s vysokofrekvenčním (dále jen VF) transformátorem s kmitočtem okolo 100kHz se v porovnání s NF transformátorem vyznačuje nepatrnými ztrátami na transformátoru, nižší hmotností a nižší cenou. Avšak náklady na zapojení a stínění jsou vyšší, a proto je výhoda nižší ceny u střídačů s VF transformátory značně relativní (HASELHUHN ET MAULE 2017).

Zatím nejvyšší účinnost dosahují střídače bez transformátoru, proto jsou stále více využívané takřka u všech výkonových tříd. Díky absenci transformátoru se ztráty znatelně snížily, a kromě toho se zmenšila velikost i váha střídače. Kvůli chybějícímu galvanickému oddělení přes transformátor jsou u těchto střídačů kladeny vyšší nároky na elektrickou bezpečnostní koncepci. Na druhou stranu bez transformátoru nevzniká silné elektromagnetické pole a rušivé impulzy, a proto u bez transformátorových střídačů nejsou potřeba opatření proti stínění a není tolik negativně ovlivňováno životní prostředí (BOPP 1999).



Obrázek 6: Rozdělení autonomních střídačů (ČFA 2017).

6.3.4 Akumulace

Při využívání energie z FVE v soukromých objektech je akumulace žádoucí a především nutná. Jak je známo největší zisk energie produkuje FVE v době okolo poledne a tento čas se bohužel neslučuje se spotřebou v domácnosti, kde je potřeba elektrické energie vyžadována především v ranních a večerních hodinách. Možností, jak uchovávat elektrickou energii je nespočet. Lze je rozdělit do pěti hlavních kategorií, mezi ně patří elektrická možnost uchovávání, elektrochemická, mechanická, chemická a tepelná. Pro potřeby ukládání elektrické energie z FVE v soukromých objektech připadá v úvahu především elektrochemická, chemická a tepelná možnost akumulace (HASELHUHN ET MAULE 2017).

Elektrochemická akumulace patří současně mezi nejvyužívanější možnosti. Prim v této kategorii mají akumulátory Lithium-iontové a jejich chemické variace a dlouhodobě využívané olověné akumulátory. Olověné akumulátory jsou stále hojně využívané i v současných nových instalacích FVE. Jejich předností je nízká cena a možnost odběru velkého proudu. Jako nevýhoda se může jevit větší rozměr akumulátoru a skutečnost, že se akumulátor nesmí vybit pod 50 % své kapacity. Oproti tomu Lithium-iontové akumulátory jsou podstatně menší, vydrží více nabíjecích cyklů, nemají paměťový efekt a nevadí jim úplné vybíjení, nevýhoda je stále poněkud vyšší cena a větší vnitřní odpor, který znemožňuje nárazově odebírat větší proud (AYENGO 2018).

Další neekonomičtější možnost akumulace vyrobené elektrické energie spočívá v ukládání do zásobníků vody. Ve velké většině případů má každý objekt nádobu na teplou užitkovou vodu (dále jen TUV) a je nucen ji každodenně ohřívat na požadovanou teplotu. V tomto případě je možné jednoduše topným tělesem ohřát vodu v zásobníku a tím snížit výdaje za jiné zdroje energie, které by TUV musely tak, či tak ohřát (DRAŽICE 2015).

Velmi slibnou formou akumulace se jeví ukládání elektrické energie chemickou cestou do vodíkových zásobníků. Principem je vytvářet elektrolyzou vodík za pomoci energie z FVE a pomocí kompresoru ho tlakovat do zásobníků. Takto uloženou energii je možné přeměnit na energii elektrickou pomocí palivových článků nebo plynových turbín. Toto řešení je velmi ekologické, protože při spalování vodíku vzniká pouze vodní pára, oxid dusný a žádné škodlivé emise. Vodíkem je

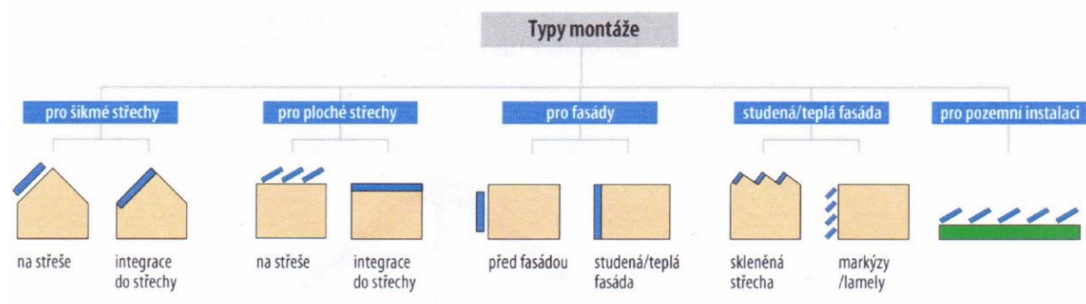
také možné nahradit zemní plyn a využít ho ve spalovacích motorech automobilů. Nevýhodou je, že musí být uložen v robustních tlustostěnných zásobnících a může hrozit nebezpečí výbuchu (ÚJV 2015).

Z pohledu životního prostředí jsou z nejpoužívanějších elektrochemických akumulátorů pro ukládání energie nejekologičtější akumulátory olověné. Z hlediska udržitelnosti je zajímavé porovnat jaká je spotřeba energie pro výrobu Lithium-iontových a olověných akumulátorů. Zatímco olověný akumulátor potřebuje při svém vzniku pouhých 30 MJ.kg^{-1} , Lithium-iontový akumulátor potřebuje neskutečných 170 MJ.kg^{-1} . Podobných poměrů je dosaženo i při porovnání emisí CO_2 při výrobě. Při výrobě kilogramu olověného akumulátoru se vyprodukuje 3 kilogramy oxidu uhličitého a při stejném výrobním množství Lithium-iontového akumulátoru se vytvoří až 12 kilogramů tohoto plynu. U Lithium-iontových akumulátorů jsou vyšší i emise těkavých látek a prachových částic. Podobně je tomu i při recyklaci, olověné akumulátory se v Evropské unii recyklují ze 100 %, je to způsobeno relativně jednoduchým oddělením olova, kyseliny a plastů od sebe a také dlouholetou praxí. Novější akumulátory oproti tomu ještě ve velkém nedovršily konce své životnosti, a proto ještě není natolik rozvinutý recyklační proces, který je zatím složitější, nákladnější, a především ne tak ohleduplný k životnímu prostředí (DTEST 2020).

6.3.5 Konstrukční systémy pro FVE

Způsobů kam a jak umístit FV elektrárny je nepřehledné množství. Lze jednoduše říci, že FV elektrárnu je možné umístit na jakékoliv místo, na které dopadají sluneční paprsky. Způsoby montáže lze rozdělit na dvě hlavní kategorie – aditivní a integrační. U prvního zmíněného způsobu montáže se jedná o přídavné řešení na stávajících objektech, kovová konstrukce je montována na střechu nebo fasádu objektu dodatečně a představuje něco navíc. U integračního řešení, jak už název napovídá se jedná o způsob, který nahrazuje určitý stavební prvek objektu, může to být střešní krytina, dřevěné obložení, či zateplená fasáda. Tímto způsobem se fotovoltaický panel stává součástí obvodového pláště budovy a přebírá proto i funkce ochrany prvků, které nahradil. Ve většině případů je to převážně ochrana před povětrnostními vlivy, slunečním zářením, nebo vykonává funkci jako tepelná a zvuková izolace, či může nahradit bezpečnostní prvky objektu.

Pro úplnost je na obrázku č. 7 vidět další rozdělení podle místa montáže konstrukce pro FVE. Obrázek znázorňuje jak integrační, tak aditivní způsob. Pro potřeby této práce je popisována jen montáž na šikmé střechy, které představují i co do počtu montáží FVE nejčastější způsob.

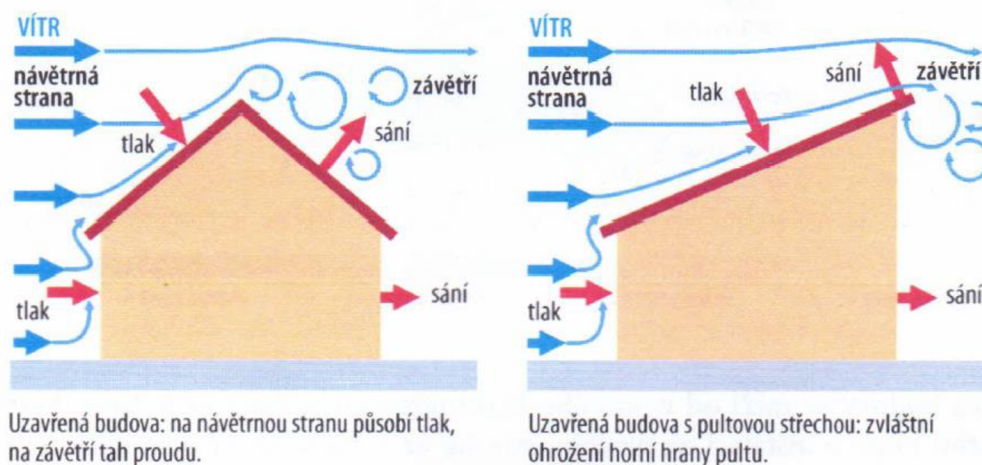


Obrázek 7: Druhy montážních systémů FVE (ČFA 2017).

Než je možné se dostat k samotné konstrukci na šikmé střechy je potřeba před každým návrhem konstrukce, ať se jedná o jakýkoliv typ střechy, zhodnotit několik zásadních vlivů na stabilitu a účinky zatížení. FVE jsou konstrukční systémy a musejí být dle základních stavebních pravidel stabilní jako celek. Celý konstrukční systém pro montáž FVE musí být dimenzován tak, aby pod účinky zatížení nesklouzával, nezvedal nebo se nepřevracel. Proto musí být každá instalace posuzována individuálně, například podle lokality umístění či geometrie střechy. Také nesmí být opomíjeno vlastní statické zatížení stávající podkladové konstrukce. Je nutné posoudit, zdali je vůbec možné FVE na podklad nainstalovat, případně zajistit řešení pro naddimenzování konstrukce. V řadě evropských norem je definováno, jak postupovat při tvorbě podkladů pro výpočet odhadovaného zatížení konstrukce. Dodržovat by se měla norma ČSN EN 1991 „Zatížení stavební konstrukce“, a to především části 1-3 „zatížení sněhem“ a část 1-4 „zatížení větrem“. Důležitou normou při návrhu je také norma ČSN EN 1990 ed. 2 „Zásady navrhování konstrukcí“, a to zejména její části 2 a 3.

Kromě vlastního zatížení hraje velkou roli zatížení větrem a zatížení sněhem či ledem. U šikmých střech je na návětrné straně vítr brzděn a tato strana je vystavena vyššímu protitlaku, na nejvyšším místě střechy se postupně rychlost zvyšuje a vzniká zde podtlak. Naopak na závětrné straně vznikají sací účinky, které

vedou ke kontrastním silám, které můžou při nedostatečném upevnění strhnout FVE ze střechy. Obrázek č. 8 znázorňuje působení větru na šikmé střechy. Je tedy nutné při návrhu na tyto větrné síly větru myslet a navrhnout dostatečný počet kotevnic míst a jejich pevnou montáž.

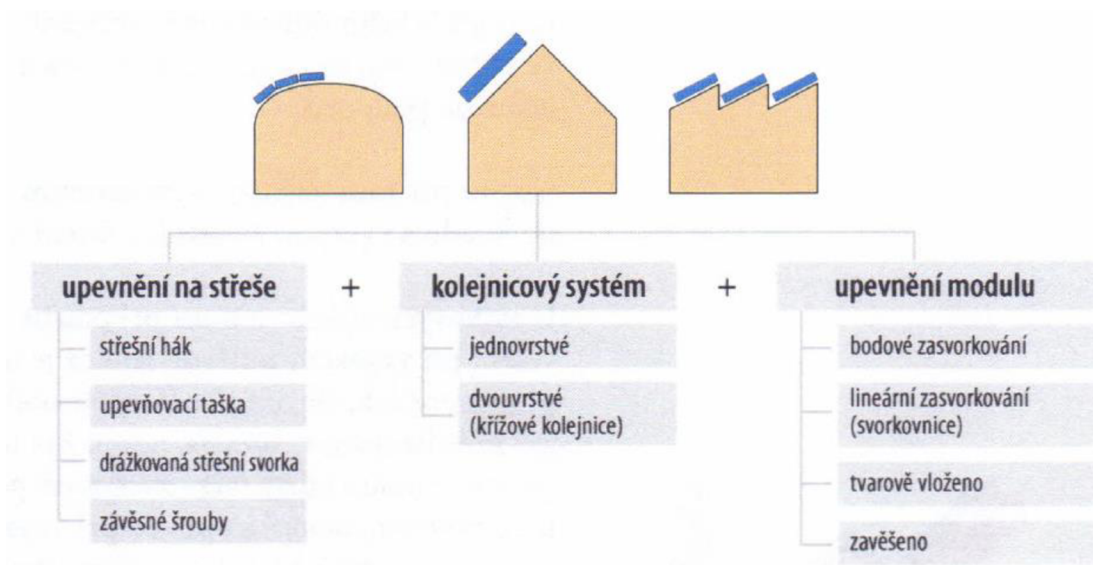


Obrázek 8: Působení větrných sil na šikmou střechu (ČFA 2017).

Zatížení sněhem a ledem v našich podmínkách není nijak zásadní. Na většině míst v České republice (dále jen ČR) dosahují hodnoty sněhové pokrývky střední hodnoty, s kterými výrobce panelů a samotná konstrukce počítá. I přesto by se při návrhu konstrukce měly brát v úvahu obecné podklady pro výpočet zatížení sněhem. Běžné FV panely jsou konstruovány pro zatížení $2,4 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$ a měly by se montovat jen do oblastí, které odpovídají tomuto zatížení sněhem. Důležitým parametrem při posuzování je sklon instalovaných FV panelů, lze říci, že čím větší sklon, tím nižší je zatížení sněhem. U panelů se sklonem nad 60° už se zatížení sněhem rovná nule (HASELHUHN ET MAULE 2017).

Konstrukční systém na šikmé střechy má určitá omezení. Šikmá střecha už zpravidla určuje orientaci a sklon FV panelů, a proto se před návrhem FVE musí ověřit, jestli a jakým způsobem instalaci provést. Obrázek č. 9 znázorňuje dílčí části montáže na šikmou střechu. Při plánování střešní konstrukce na šikmou střechu by se měla respektovat základní orientační pravidla. Vzdálenost mezi střešní krytinou a panelem by měla být minimálně 60 mm a neměla by se tato vzdálenost rapidně zvětšovat kvůli působení větrných sil. Horizontální a vertikální hranice střechy se

nesmí překračovat a měla by být zachována vzdálenost mezi panelem a kraji střechy minimálně pětkrát větší, než je vzdálenost mezi panelem a střešní krytinou. Sklon panelu by měl být stejný jako sklon střechy a mezi panely instalovanými na těsno by měla být malá mezera, která usnadní vyrovnání tlaků.



Obrázek 9: Tři základní dílčí kroky při montáži FVE (ČFA 2017).

Při samotné montáži je potřeba přimontovat na krokve střešní hák, který bude držet kolejnicový systém. Hák drží pomocí vrutů a je zakryt upravenou střešní taškou, do které je v místě prostupu vyříznut kanálek. Ve většině případů je potřeba mezi krokve a střešní háky vložit distanční podložku, aby se vyrovnaly výšky se střešní krytinou a nemohlo se stát, že by při zatížení konstrukce mohly prasknout střešní tašky. Následně se přistupuje k montáži kolejnicového systému. Je možné vytvořit jednovrstvý systém, který je u většiny střech dostatečný, ale při nedostatku montážních bodů či velké nerovnosti je potřeba systém dvouvrstvý. Kolejnice jsou tvořeny z hliníkových, za tepla vytlačovaných profilů, především pro možnost vysoké variability při výrobě, a také pro svoji váhu a pevnost. Při montáži je potřeba brát velký zřetel na rovinnost kolejnicového systému, aby byly panely i střecha rovnoměrně namáhány. Dále se montují samotné FV panely, které jsou pomocí

speciálních svorek bodově připevňovány ke kolejnicím. Každý modul musí být připevněn minimálně čtyřmi svorkami.

6.3.6 Ostatní komponenty

Nedílnou součástí celého funkčního FV systému je i speciální kabeláž a konektory. Pro připojení fotovoltaického zařízení musejí být použity kabely, které odolávají vysokým teplotám a povětrnostním vlivům. Kabeláž se rozlišuje na tři části, stringové vedení, hlavní stejnosměrné vedení a připojovací střídavé vedení. Kvůli zaručení odolnosti a kvůli zkratu se používají jednožilové kabely s dvojitou izolací. Tyto kabely jsou používány v průřezech od 2,5 mm² až do 16 mm², dokážou vést maximální napětí až 1,8 kV a jsou odolné proti ultrafialovému (dále jen UV) záření a mechanickému poškození (BADALÍK 2008). Připojení kabelů k FV panelům je možné šroubovými svorkami, pružinovými svorkami a konektory. Nejčastěji využívané jsou konektory. Je to především kvůli jejich jednoduchosti zapojení, bezpečnosti při práci pod napětím, a také proto, že výrobci panelů již svoje panely zakončují na připojovací krabici konektory pro rychlejší a snadnější montáž. Bohužel se ještě nedošlo k dohodě o jednotném způsobu spojení, a proto na trhu existuje velké množství různých konektorů. V České republice a v převážné většině Evropy se využívají konektory s označením multi contact 4 mm (dále jen MC4).

Bezpečnost proti zkratu, přepětí nebo chybnému proudu je zajištěna dalšími komponenty, které musejí být do celého FV systému zakomponovány. Na straně stejnosměrného proudu nesmí chybět DC vypínač, který při poruše, požáru nebo servisnímu úkonu dokáže odpojit FV panely od střídače a zamezí proudění vysokého napětí. U DC napětí by neměla chybět ani přepěťová ochrana, která zamezí průniku blesku do domovní instalace a svede bleskové proudy přes uzemnění do země. Na straně AC jsou použity nadproudové ochrany běžně používané v domovní instalaci, známé pod jednoduchým názvem jistič. Dále je potřeba opatřit instalaci o proudovou ochranu takzvaným proudovým chráničem, který je dle poslední úpravy normy z roku 2018 ČSN 33 2130 ED.3 „Elektrické instalace nízkého napětí – Vnitřní elektrické rozvody“, nutné instalovat téměř na každý obvod, který je uživatelsky přístupný. Proudový chránič zajišťuje odpojení svodových proudů. Tato situace se může stát při závadě na izolaci, zkratu nebo spojení se zemí. V případě že tato

situace nastane a svodový proud by překročil bezpečnostní hranici 30 mA, proudový chránič vedení odpojí do 200 milisekund. U AC části obvodu připojených k FVE je nutné používat výhradně proudové chrániče typu A.

Zapojení AC části může zapojovat jen oprávněná osoba, která má platné oprávnění, minimálně dle § 6 Vyhlášky č. 50/1978 Sb., Vyhláška Českého úřadu bezpečnosti práce a Českého báňského úřadu o odborné způsobilosti v elektrotechnice. Pro oficiální zapojení celého FV systému musí fyzická či právnická osoba vlastnit a mít platnou profesní kvalifikaci elektromontér fotovoltaických systémů podle § 10d zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření s energií, viz obrázek č. 10. Profesní kvalifikace je nutná i pro montážní firmy, které žádají o dotace na FVE. Do žádosti o dotaci se vždy zadává i realizátor FVE a ověřuje se jeho oprávnění k montáži.

ČESKÁ REPUBLIKA

Ev. č.: MPO_2100984/26-014-H

Předseda zkušební komise: Ing. Petr Maule, LL.M., MBA
(jméno, popřípadě jména, příjmení, případný akademický titul a vědecká hodnost)

autorizovaná fyzická osoba s autorizací Číslo autorizace 227/2015
Číslo autorizace

/ nebo **autorizovaný zástupce autorizované podnikající fyzické nebo právnické osoby**
Česká fotovoltaická asociace, z.s., Částkova 689/74, 32600 Plzeň, 227/2015
(jméno, příjmení a číslo autorizace autorizované podnikající fyzické osoby / nebo obchodní firma nebo název, sídlo a číslo autorizace autorizované právnické osoby)

s autorizací udělenou dne: 19.10.2015 pod spisovou značkou: MPO 44448/15/31300/1228
autorizujícím orgánem: Ministerstvo průmyslu a obchodu

OSVĚDČENÍ
O ZÍSKÁNÍ PROFESNÍ KVALIFIKACE

Bc. Filip LEIXNER
(jméno, popřípadě jména, a příjmení a případný akademický titul a vědecká hodnost)

920418/0491, Praha
(rodné číslo, bylo-li přiděleno, jinak datum narození, a místo narození)

vykonal(a) dne 29.04.2021 v Plzni

před zkušební komisí **úspěšně zkoušku**

podle § 18 zákona č. 179/2006 Sb., o ověřování a uznávání výsledků dalšího vzdělávání
a o změně některých zákonů (zákon o uznávání výsledků dalšího vzdělávání),
ve znění zákona č. 53/2012 Sb.

a získal(a) profesní kvalifikaci:

Elektromontér fotovoltaických systémů (26-014-H)
(název a číselné označení (kód) profesní kvalifikace)

Obrázek 10: Profesní kvalifikace (autor 2021).

6.4 Podmínky připojení FVE

FVE která není předmětem podnikání a její výkon nepřesahuje 10 kW je možné připojit ve zjednodušeném režimu. V legislativě kvůli tomu vznikl nový pojem, tzv. mikrozdroy. Za mikrozdroy se dá považovat FVE, která splňuje následující podmínky. Jak už bylo zmíněno, nesmí její výkon přesahovat 10 kW, je určený k paralelnímu připojení k distribuční síti nízkého napětí a na jedné fázi může protékat proud o maximální hodnotě 16 A. Dále ještě musí mikrozdroy splňovat § 16 vyhlášky 16/2016 Sb. Tento paragraf nařizuje splnit hodnoty impedance proudové smyčky, která nesmí být vyšší než 0,47 ohmů, dále je nutné zamezit

přetokům energie do rozvodné sítě a zajistit si smlouvu s provozovatelem distribuční sítě (PRE 2022).

V Praze se o distribuční síť stará Pražská energetika a. s. a i když může znít připojení složitě není tomu tak. Na stránkách distributora, v tomto případě predistribuce.cz, v sekci výrobci je potřeba vyplnit žádost o připojení výrobní k distribuční síti PRE a. s. a zaslat ji na uvedenou emailovou adresu. Následně stačí vyplnit a získat několik dokumentů. Vyřízení trvá většinou 2–4 týdny. Pro ilustraci je přiložen obrázek č.11 z webu predistribuce.cz, kde je vše přehledně popsáno. Dále je možné připojit mikrozdvoj standartním způsobem, což povoluje přetoky do rozvodné sítě a je možné přebytečnou energii prodávat. Také je možné připojit FVE větší než 10 kW anebo FVE, která je připojena do rozvodné sítě v místě s vysokým napětím. Tyto typy připojení v této práci nejsou popisovány. Obecně se již prodej přebytečné elektrické energie do rozvodné sítě nevyplatí. Stát od roku 2014 totiž přestal podporovat tzv. zelený bonus pro FVE, ceny za výkup jsou velmi malé, a ne každý distributor výkup umožňuje. Ceny za výkup jsou orientačně okolo $\frac{3}{4}$ ceny elektrické energie na burze, kterou uvádí OTE a. s (SYSEL ENERGY 2022; OTE 2022; PRE 2022).

Mikrozdroj (do 10 kW) - zjednodušený způsob připojení (bez možnosti přetoků, s rezervovaným výkonem 0 kW) ▼




Podmínky připojení:

- zjednodušeným připojením lze připojit mikrozdroj pouze na hladině nízkého napětí,
- naměřená hodnota impedance v místě připojení k distribuční soustavě, která není větší než hodnota limitní impedance,
- technické řešení připojení mikrozdroje zamezuje dodávce elektřiny do distribuční soustavy v místě připojení, s výjimkou krátkodobých přetoků elektřiny do distribuční soustavy, které slouží pro reakci omezujícího zařízení, ale které nezvýší hodnotu napětí v místě připojení.

Před podáním žádosti je nutné si zajistit **změření impedance proudové smyčky** v místě připojení k distribuční soustavě podle české technické normy osobou s odbornou způsobilostí.

- **Hodnota limitní impedance** je pro zdroje do 16 A na fázi $0,47 \Omega$ a pro zdroje do 10 A na fázi **$0,75 \Omega$** . V případě, že je naměřená hodnota impedance vyšší nebo rovna hodnotě limitní impedance, může žadatel připojit mikrozdroj v odběrném místě pouze standardním způsobem připojení.

Současně s podáním žádosti je třeba dodat tyto dokumenty:

- Zpráva o výchozí revizi elektrického zařízení výroby a případně dalšího elektrického zařízení nově uváděného do provozu, které souvisí s výrobou a bez kterého nelze provést připojení výroby k síti provozovatele distribuční soustavy.
- Jednopolové schéma zapojení výroby.
- Dokument výrobního modulu potvrzující soulad s požadavky RfG - [Dokument výrobního modulu A1](#)  (24 kB), podle [Metodika ověření souladu s požadavky RfG pro výrobní moduly typu A1](#)  (112 kB)
- Protokol nastavení parametrů ochrany.
- [Provozní oznámení o provedení prvního paralelního připojení výroby k distribuční soustavě](#)  (340 kB)

Po vystavení návrhu SoP:

- [Podklad pro uzavření smlouvy na hladině NN](#)  (68 kB) - potvrzený revizním technikem.

Obrázek 11: Dokumenty k připojení mikrozdroje (PRE 2022).

Metodika

7 Popis řešeného objektu

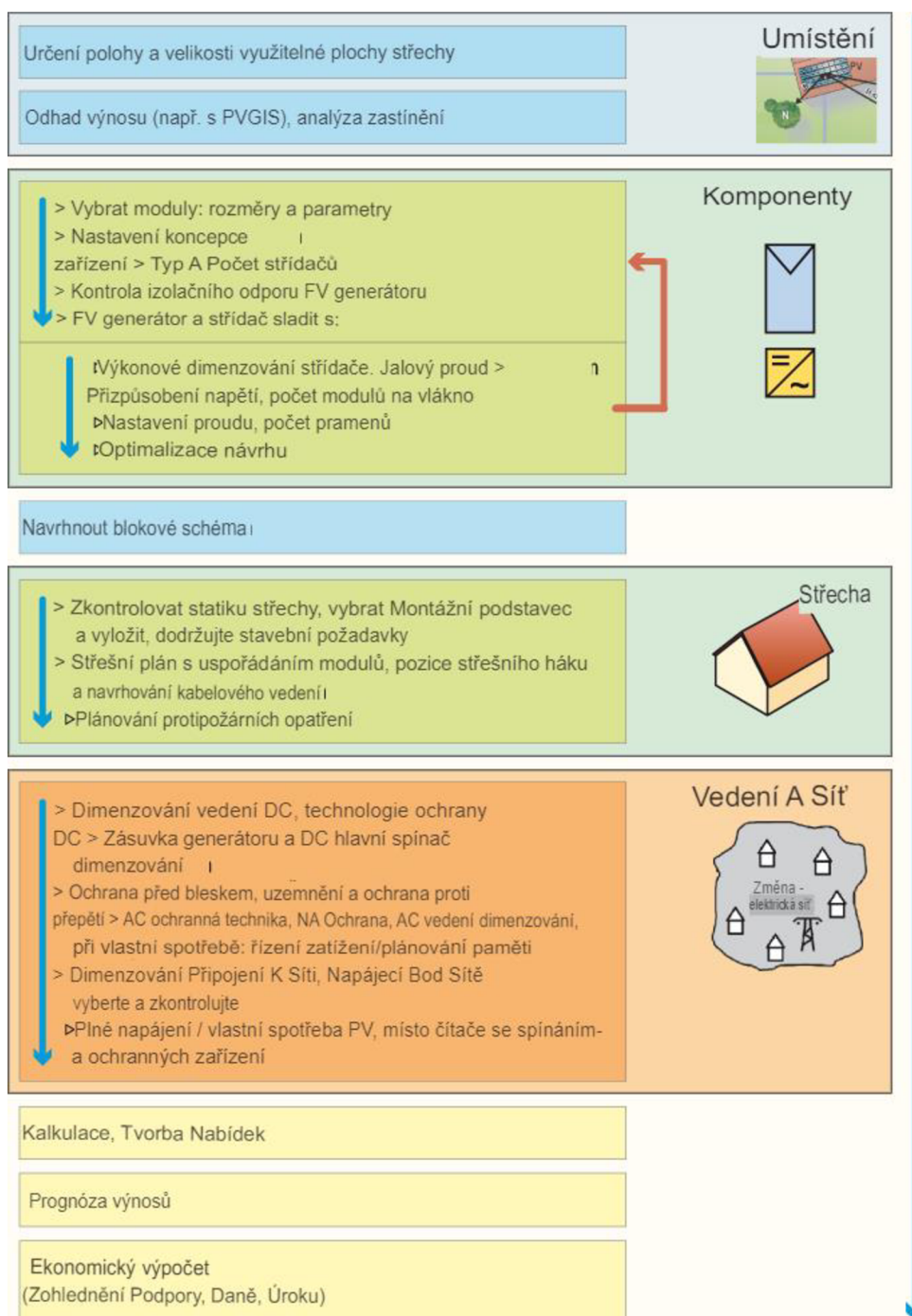
Plánovaná novostavba koncového řadového rodinného domu se nachází na křižovatce ulic Severozápadní III a Severní VIII v katastrálním území Záběhlíce v Praze s parcelním číslem 3905/2. Jedná se o území Starého Spořilova, největšího zahradního města Velké Prahy té doby inspirované zahradními městy hnutí Arts and Crafts. Pro srovnání je podobné zahradní město též v Praze na Ořechovce. Myšlenkou projektu bylo rodinné bydlení v zeleni ve městech s venkovským charakterem. V severozápadním sektoru Spořilova, kde se plánovaná novostavba bude nacházet jsou postaveny převážně typové domky z let 1925 postavené dle projektu architektů Vlastimila Brožka a Karla Polívky. Dispozičně je dům členěn na dvě obytná patra s podkrovím. V přízemí je navržena hlavní obytná část se zázemím a vstupem přes francouzské okno do zahrady. V patře je navržena klidová část s ložnicí a dvěma dětskými pokoji. Podkrovní prostor je navržen pro volnočasové aktivity a z částí plní funkci pracovny. Z podkroví vedou dva výstupy přes okna na rozsáhlé terasy, které budou primárně využity pro pěstování zeleniny a letní odpočinek (ŠKŮREK 2021). Na obrázku č. 12 je pohled na východní štítovou stěnu objektu.



Obrázek 12: Pohled na řešený objekt (ŠKŮREK 2021).

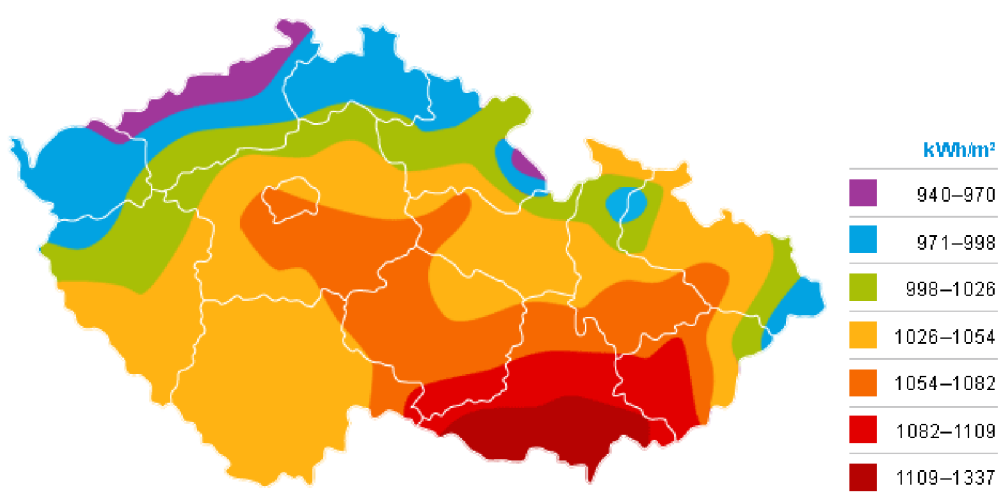
8 Návrh fotovoltaické elektrárny

Kompletní návrh FVE bude probíhat dle osvědčeného kontrolního seznamu pro návrh FVE vyvinutý berlínskou firmou DGS. Na obrázku č. 13 je znázorněn jeho postup. Pro prvotní odhad výnosu byl použit hojně využívaný online software fotovoltaického geografického informačního systému (dále jen PVGIS). A na finální modelaci profesionální simulační a vizualizační program PV*SOL Premium od Německé firmy Valentin Software.



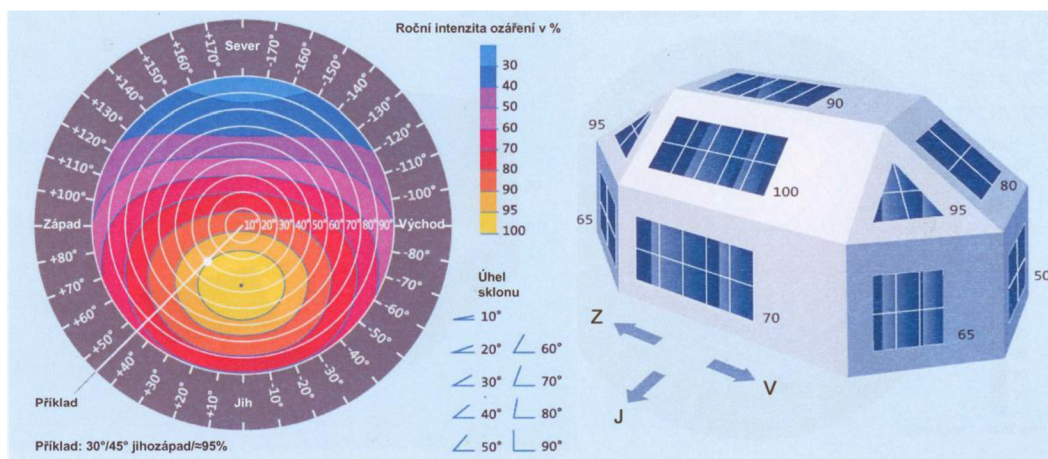
Obrázek 13: Kontrolní seznam pro návrh FVE – přeloženo (DGS 2022).

Při návrhu FVE je potřeba zohlednit mnoho aspektů. Těmi nejdůležitějšími jsou orientace a sklon střechy. Je důležité znát i velikost plochy, na kterou se mohou fotovoltaické panely umístit a míra zastínění, a to jak blízkými, tak i vzdálenými stíny, jako jsou vzrostlé stromy nebo okolní stavby. V neposlední řadě je potřeba znát polohu zamýšlené FVE. V tomto případě, jak už bylo výše zmíněno, se objekt nachází v Praze na 50° severní šířky a na $14,5^\circ$ východní délky. Podle solární mapy České republiky, která je na obrázku č. 14, je objekt v oblasti, kde průměrný roční úhrn globálního záření dosahuje $1054\text{--}1082 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$.



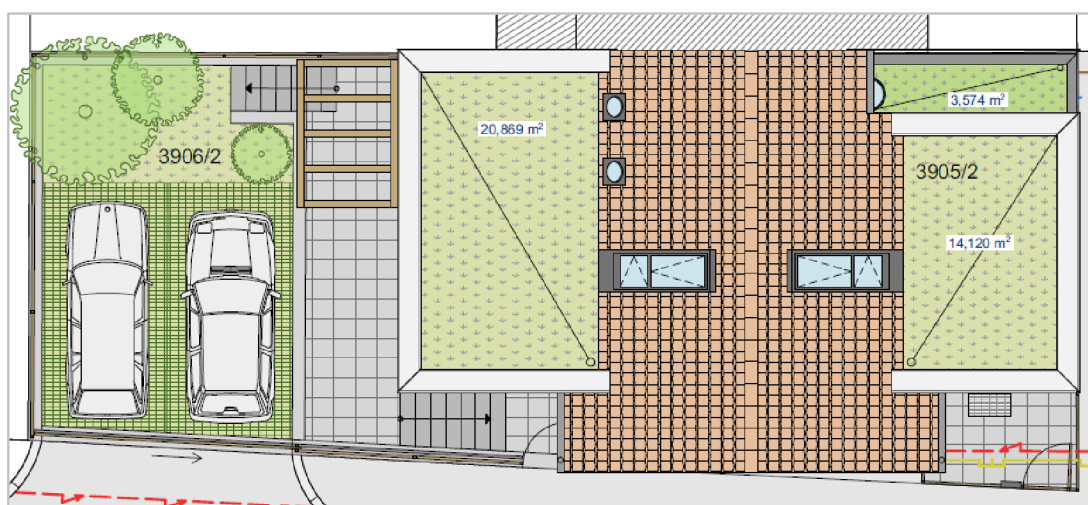
Obrázek 14: Solární mapa ČR (solarroof.cz 2022).

Azimut strany střechy objektu, na kterou je uvažována instalace FVE vychází na 173° , tedy téměř přímý jih. Orientace střechy je důležitá, a to proto, že na jižní straně může FVE generovat největší zisk po celý den, se svým maximem během poledne. Orientace na východ učiní panely nejefektivnější ráno, naopak maximální večerní výrobu zaručí FV panely orientované na západ. V žádném případě se nedoporučuje instalovat FVE na severní stranu. Co se týká efektivnosti dle světových stran, orientace na jih je zhruba o 20 % efektivnější, než orientace na východ či západ. Výborná pomůcka na rychlé orientování, jak moc vhodné je umístění FVE na určité místo jen pomocí údajů o orientaci a úhlu je znázorněna na obrázku č. 15. (AEKO 2021).



Obrázek 15: Pomůcka pro rychlou orientaci výkonu FVE (aeko s. r. o. 2022).

Dalším parametrem je sklon instalovaných FV panelů. Tento parametr není až tak důležitý a jeho ovlivnění výkonu se pohybuje do 10 %. Sklon střechy řešeného objektu je 43°, jako střešní krytina bude použita pálená střešní taška typu bobrovka, kladena do korunního krytí. Tašky budou klasickým způsobem zasazeny zámky na závěsné latě, které jsou vruty přidělány na kontralatě a mají mezi sebou rozstup 290–320 mm (TONDACH 2016). Aby bylo možné zjistit jaký může být maximální potenciální výkon FVE, je potřeba znát ještě poslední parametr, a tím je plocha střechy. Na obrázku č. 16 je znázorněn půdorys střechy i se všemi prostupy či okny. Dle zaměření je celková plocha jižní strany střechy 37 m² s délkou hřebene 7,5 m a šířkou střechy 4,92 m (ŠKŮREK 2021).



Obrázek 16: Půdorys střechy objektu (ŠKŮREK 2021).

Dle půdorysu vznikají na jižní straně střechy dvě plochy, obě o rozměrech 3,25 m x 3,6 m. Dohromady je tedy pro instalaci FV panelů možné využít 23,4 m² plochy střechy. Co se týče zastínění, tak v okolí nestojí žádný vzrostlý strom ani budova, která by FVE i při nízkém zimním slunci zastiňovala. Ani blízké stíny nepředstavují riziko, na střeše nejsou žádné komíny ani antény. Kdyby byla potřeba jejich dodatečné montáže, tak se umístí na severní stranu střechy, díky čemuž budou blízké stíny z těchto střešních prvků eliminovány. Jediné menší riziko v zastínění spočívá během podzimních měsíců, při opadání listů ze stromů. V okolních zahradách se totiž nachází mnoho převážně listnatých stromů. Naneštěstí je na střechu bezpečný a rychlý přístup přes terasu, a je tedy možné bez větších překážek listy či jiné předměty z FV panelů jednoduše odstranit.

V této fázi je dobré vybrat FV panely, jelikož ze zkušeností a informací, které jsou k dispozici je jasné, že budou použity panely monokrystalické. A to díky tomu, že jsou zajištěny ideální podmínky osvětlení, orientace a sklonu. Proto není potřeba uvažovat o alternativách jako jsou polykrystalické nebo amorfni FV panely. Pokud by ale podmínky nebyly tolik příznivé, jako v tomto případě, vyberou se panely až podle výsledků z analýzy výnosů, kde právě pomocí analyzačního softwaru je možné porovnat jednotlivé typy panelů a podle nejvyššího zisku vybrat konkrétní typ technologie panelů. Pro tuto instalaci bude vybráno 9 ks FV panelů o rozměrech 2256 x 1134 mm s výkonem 450 Wp. Tento panel byl vybírán především podle plochy střechy, na kterou je možné panely instalovat tak, aby se jich vešlo co možná nejvíce. Podrobněji je panel popsán v kapitole použité komponenty, pro výpočet analýzy výkonu FVE tyto údaje stačí.

Všechny výše nasbírané informace umožňují přistoupit k dalšímu kroku, a tím je analýza výnosu. K tomuto procesu byl využit online analyzátor PVGIS, který je přístupný na stránkách evropské komise a jak zkratka napovídá nazývá se fotovoltaický geografický informační systém. Do formuláře PVGIS je nutné vyplnit získané údaje. První je potřeba zadat lokaci místa instalace a až následně je možné pokračovat. Dále je potřeba vybrat satelitní databázi slunečního záření PVGIS-SARAH, která má hodinové rozlišení a byla vytvořena pomocí algoritmu CM SAF, který je nedílnou součástí evropské organizace EUMETSAT (CMSAF 2021).

Dále je nutné vybrat technologii uvažovaných FV panelů, v tomto případě to budou nejpoužívanější monokrystalické panely. Tyto panely se vyznačují delší

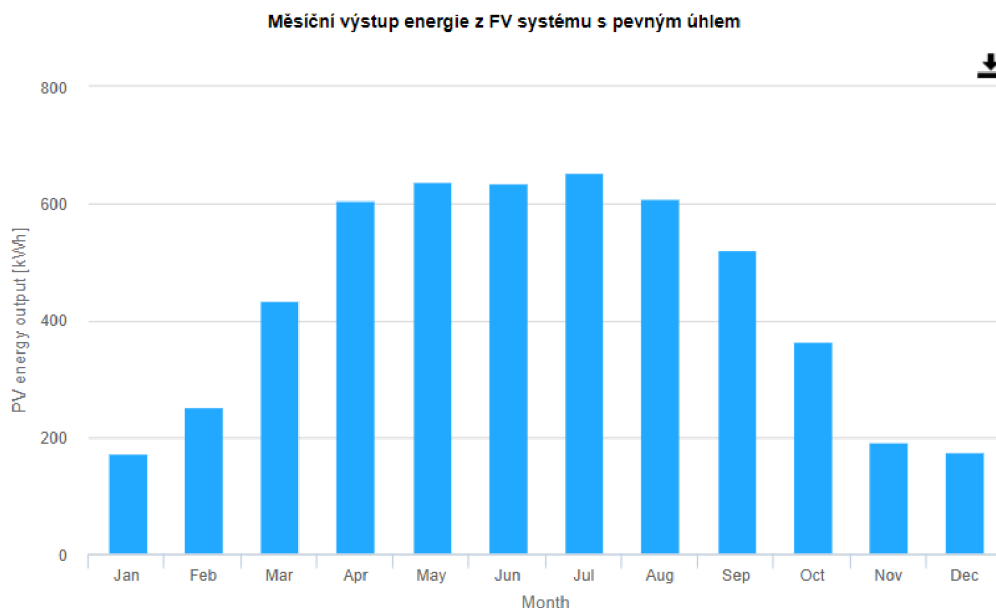
životností a nejvyšším výkonem při ideálních podmínkách, a ty tato instalace nabízí. Je potřeba z formuláře vybrat zmíněnou technologii FV panelů a zadat výkon celé FVE. Výkon jednoho panelu je 450 Wp, instalováno bude 9 kusů, dohromady to činí celkový výkon 4,05 kWp. Do řádku ztráty systému je zadáno empirických 10 %. Poté je vyplněna střešní montáž, sklon 43° a azimut -7°, tato hodnota je rozdílná oproti azimutu, který byl naměřen na začátku návrhu, ale PVGIS používá jiný systém, který přiřazuje jihu hodnotu 0°, východu -90° a západu 90°. Jednoduchým převedením stupňů je získána hodnota -7°. Takto zadané parametry umožní spuštění procesu výpočtu solárního výnosu navrhované FVE. Na obrázku č.17 je k vidění zadávací tabulka s požadovanými údaji v analyzátoru PVGIS (EUROPEAN COMMISSION 2022).

The screenshot shows the PVGIS input form for FVE yield calculation. The top bar displays coordinates: Kurzor: 50.028, 14.564; Vybráno: 50,045, 14,478; Nadmořská výška (m): 253. It also includes a checkbox for 'Použijte stíny terénu' (checked) and buttons for 'csv' and 'json' exports. The main configuration area is titled 'VÝKON FVE PŘIPOJENÝCH K SÍTĚ' and contains the following fields:

- Databáze slunečního záření: PVGIS-SARAH
- FV technologie: Krystalický křemík
- Instalovaný špičkový FV výkon [kWp]: 4,05
- Ztráta systému [%]: 10
- Pevné možnosti montáže**
- Montážní poloha: Budova integrovaná
- Sklon [°]: 43
- Azimut [°]: -7
- Cena FV elektřiny
- Cena FV systému (vaše měna): [input field]
- Úrok [%/rok]: [input field]
- Životnost [roky]: [input field]

Obrázek 17: Vstupní parametry pro výpočet výnosu FVE (PVGIS 2022).

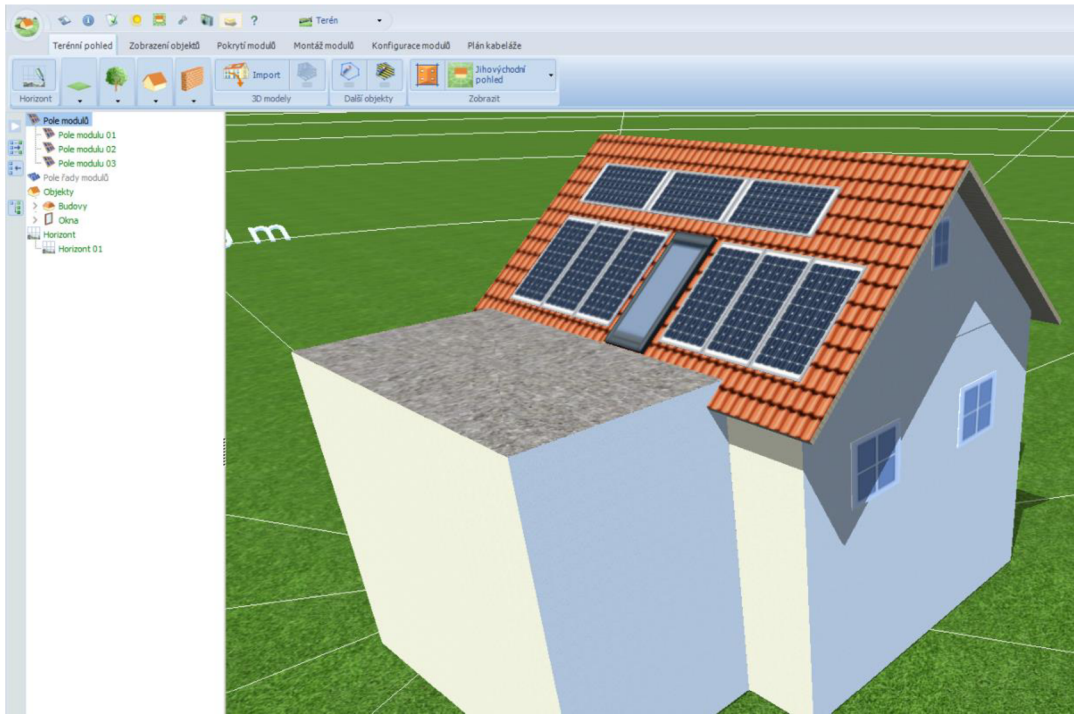
Výsledky analýzy jsou znázorněny na grafu č. 6. Na první pohled vyšly velmi uspokojivě, celkový zisk z navrhované FVE by měl být ročně okolo 5250 kWh. S vyprodukovanými 652 kWh vychází měsíc červenec jako neproduktivnější. Nejméně vyprodukují měsíce leden a prosinec, a to okolo 173 kWh měsíčně. Průměrná solární radiace vychází na 1311 kWh.m⁻². Meziroční variabilita hodnot se pohybuje přibližně okolo 209 kWh.



Graf 6: Výsledky výnosové analýzy (PVGIS 2022).

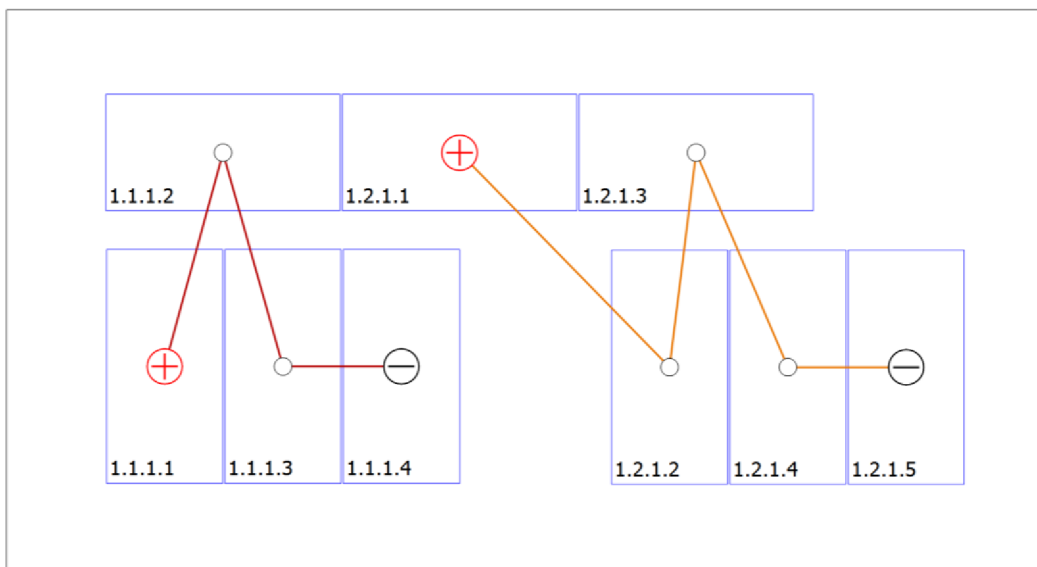
V dalším kroku plánování byl využit simulační program PV*SOL. Tento program se v posledních letech těší vysoké oblibě, je neustále modernizován, a to i přes to, že na trhu je již od roku 1998. Berlínská společnost Valentin Energie Software se původně od 70. let zabývala simulací solárních termických systémů. Komplexní program PV*SOL je primárně zaměřen na projektanty a montéry FVE. Grafické prostředí je intuitivní a uživatelsky velmi vřídlné. Ve velkém rozsahu a velmi přehledně zpracována je k dispozici potřebná dokumentace a nápověda.

Pro pokračování v návrhu řešené FVE musela být v programu PV*SOL vybrána správná lokalita instalace, která určuje podklady pro výpočet časového kroku osvitů. Následně byl podle projektové dokumentace vymodelován tří rozměrný (dále jen 3D) model domu a byl natočen správně vůči světovým stranám. V tomto případě plocha střechy, která bude osazena FV panely je odchýlena od jihu o 7° na východ. Podle předešlých informací z PVGIS se na střechu rozmístí panely, které je možné vybrat z rozsáhlé stále aktualizované databáze či je vytvořit individuálně. Panely musejí být na střechě rozmístěny s dostatečnými bezpečnými rozestupy od hran střechy. Prostředí k modelaci objektu je znázorněno na obrázku č. 18. Celý tento model se musí nechat projít analýzou záření, aby bylo znázorněno, zdali a v jaké míře jsou jednotlivé panely zastíněny či nikoliv.



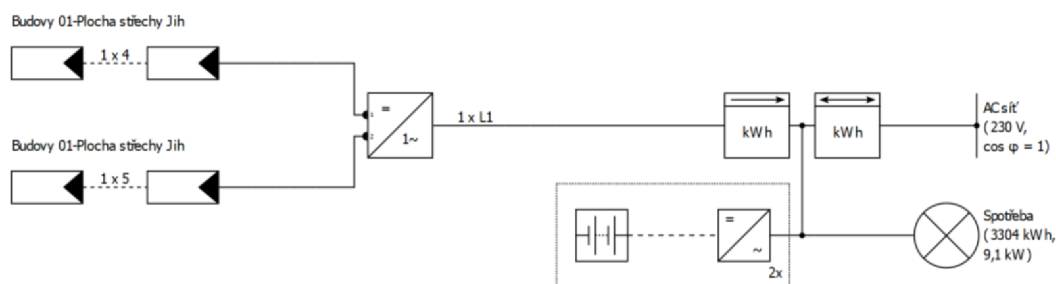
Obrázek 18: 3D modelovací prostředí programu PV*SOL (Autor 2022).

Po modelaci následuje návrh DC vedení ke střídači. Umístí se vstup střešní krytinou a vytvoří se schéma zapojení jednotlivých stringů. V tomto případě pro optimalizaci výkonu budou vytvořeny dva stringy, jeden s 5 ks panelů a druhý se 4 ks panelů. Na obrázku č. 19 je znázorněno schématické připojení, které se musí při zapojování FV panelů dodržet.



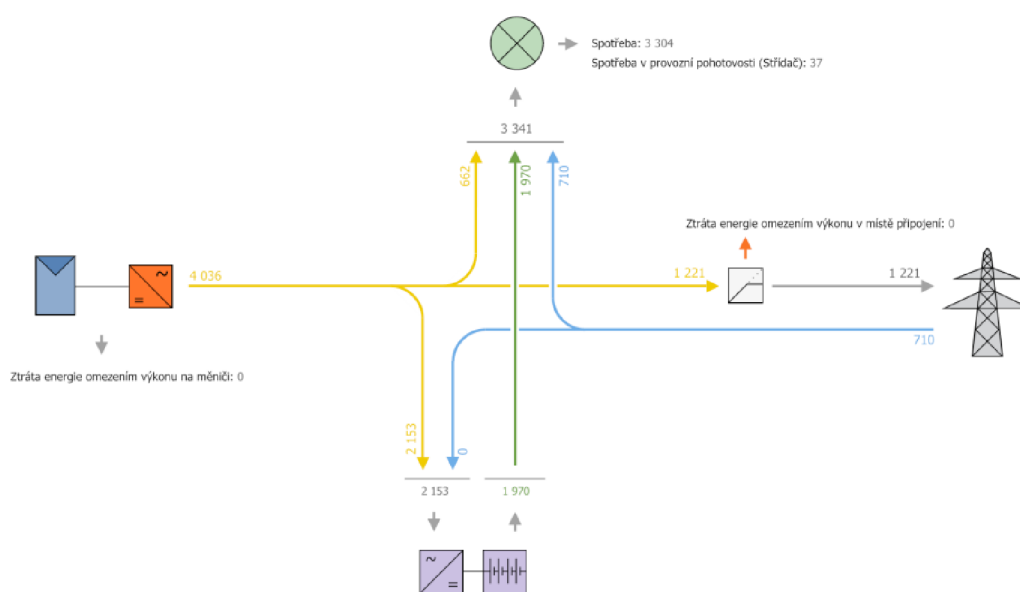
Obrázek 19: Schéma zapojení FV panelů (Autor 2022).

Následuje výběr střídače, který musí být dostatečně dimenzován na vysoké DC napětí z FV panelů, a také by měl splňovat alespoň 20 % rezervu výkonu FVE. Jelikož se jedná o systém připojení do rozvodné sítě, je nutné v místě připojení instalovat obousměrný 4 kvadrantový elektroměr. Toto zajistí distributor elektrické energie, na řešeném území to jsou především společnosti PRE a. s., ČEZ a. s. a E.ON Energie a. s. Pro úplnost je potřeba vygenerovat blokové schéma FVE, to je znázorněno na obrázku č. 20.



Obrázek 20: Blokové schéma řešené FVE (Autor 2022).

K systému je připojeno i bateriové uložení o výkonu 8,3 kWh, jenž se skládá ze dvou samostatných jednotek, které lze kompaktně spojit. Jedná se o modernější baterie typu lithium-železo-fosfát. Maximální vypočtené špičkové zatížení celého objektu je stanoveno na 9,1 kWh. Na obrázku č. 21 je možné pozorovat jaký je při provozu tok energií.



Obrázek 21: Toky energií FVE (Autor 2022).

9 Použité komponenty

9.1 FV panely

Pro omezený prostor na ploše střechy byly vybrány panely o vysokém výkonu s lehce vyššími rozměry, než se běžně instalované FV panely pohybují. Jedná se o panely Italské firmy EXE Solar s prodejním označením Jupiter. FV panel A - HCM450/144 je složen ze 144 FV článků, díky tomu může panel dosahovat napětí naprázdno až 49,8 V. Při standardních testovacích podmínkách (dále jen STC), kdy je FV panel při teplotě 25°C ozařován světlem o výkonu 1000 W.m⁻² dosahuje maximálního výkonu 450 W. Při tomto maximálním výkonu dokáže panel nabídnout napětí v hodnotě 41,28 V a proud o velikosti 13,32 A. Hmotnost FV panelu je stanovena na 26 kg a jeho rozměry jsou 2256 x 1134 x 35 mm. Připojovací box je osazen kabely o průřezu 4 mm² s délkou 130 cm a jeho krytí je zařazeno do třídy IP67, box také obsahuje 3 bočníkové diody. Celý obvod panelu je v černém anodizovaném hliníkovém rámu a z čelní strany je chráněn tvrzeným sklem s nízkým podílem železa o tloušťce 3,2 mm (EXE SOLAR 2020).

9.2 Střídač

Hlavním centrem celé FVE je právě střídač. V řešené instalaci je navrhnout střídač Rakouské firmy Fronius, jehož označení je Symo Hybrid 5.0-3-S. Tento střídač nenabízí jen funkci přeměny stejnosměrného proudu na střídavý, ale dokáže řídit toky energií všemi směry, dokáže přebytečnou energii efektivně ukládat do akumulátorů a také monitoruje celý systém a vytváří kompletní statistiky. Ke střídači může být připojeno FV pole s napětím 150–1000 V s maximálním proudem 16 A. Výstupní hodnoty střídače jsou 8,3 A pro každou fázi s celkovým výkonem 5 kW. Střídač je bez transformátorový a jeho spotřeba v noci je menší než 1 W, rozměry jsou 431 x 645 x 204 mm a váží 19,9 kg. Střídač také disponuje ethernet portem pro připojení k síti pro vzdálený monitoring a ovládaní, které dosahuje účinnosti 97,9 % (FRONIUS 2022).

9.3 Akumulátor

Jako ukládací část energie pro FVE byl vybrán kompaktní akumulátor firmy BYD s názvem B-Box Premium HVM8.3. Jedná se o tři moduly zapojené do série, každý tento modul dosahuje kapacity 2,8 kWh, a díky sériovému zapojení umožňuje využít kapacitu až 8,3 kWh. Celý tento systém akumulátorů je možné rozšířit na kapacitu 22,1 kWh a při paralelním zapojení může celý akumulátorový kompaktní dosahovat až 66,2 kWh. Základní akumulátor, který byl použit v této instalaci váží 129 kg a jeho rozměry jsou 585 x 949 x 298. Maximální odebíraný proud z baterie je 50 A a nárazově se může tento proud vyšplhat až na 75 A. Jeho účinnost se pohybuje okolo 96 % a je možno ho monitorovat přes komunikační sběrnice RS485 či CAN BUS (BYD 2022).

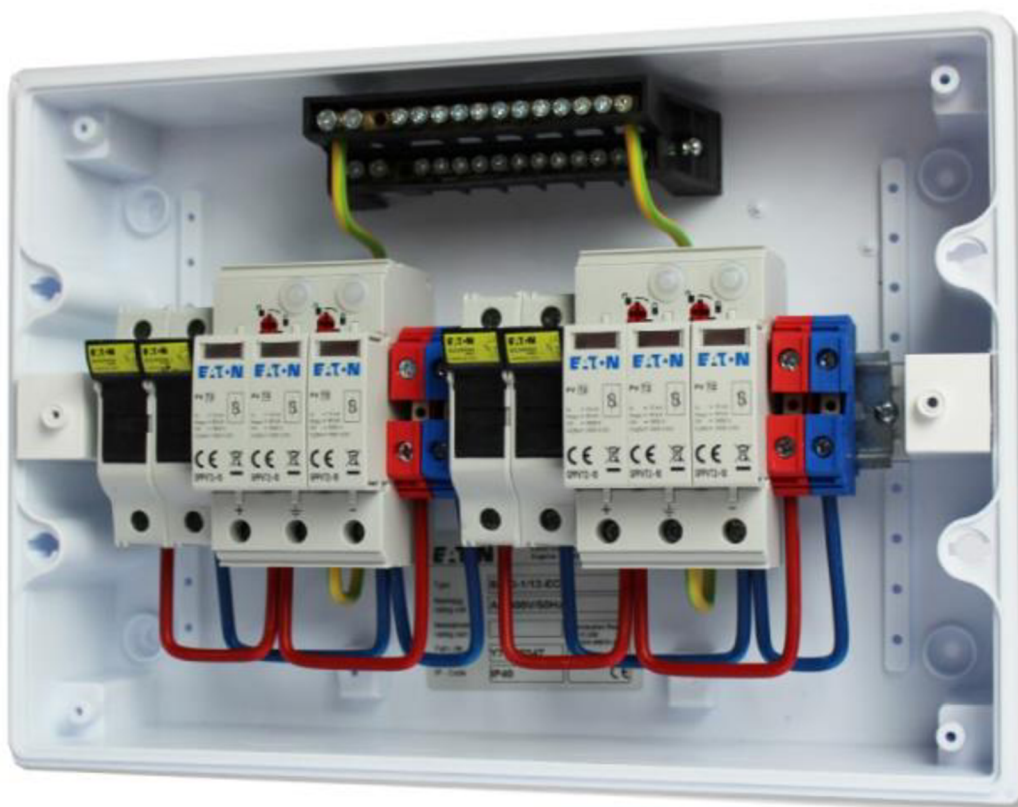
9.4 Konstrukce

Konstrukce je v tomto případě jedna z nejběžnějších. Bude použit krokevní držák pro taškové střešní krytiny, na tuto konstrukci bude potřeba 25 ks. Dále bude použit montážní hliníkový profil 40 x 45 mm o délkách 2 x 6,6 m a 4 x 3,3 m. Tento profil je přizpůsoben pro horní i dolní montáž pomocí násuvných nerezových T-šroubů, pro připevnění nosných profilů k hákům bude potřeba 25 ks šroubů a 25 ks nerezových matic M10. Pro montáž panelů na nosnou konstrukci je nutné využít středovou hliníkovou přichytku která, přidrží panely vždy ve čtyřech bodech a bude ke konstrukci přimontována násuvnou čtvercovou nerezovou maticí M8 a imbusovým nerezovým šroubem M8. Všechny tyto komponenty budou ve shodném počtu 24 ks.

9.5 Jištění a kabeláž

Pro připojení DC části ke střídači budou použity kabely H1Z2Z2-K s průřezem 4 mm² a budou osazeny konektory MC4, bude použito 64 m červeného a 64 m černého solárního kabelu a 4 páry konektorů. Konstrukci je také potřeba uzemnit kabelem CYA H07V-K se zelenožlutou izolací o průměru 16 mm², který musí být spojen s hlavní ochranou přípojnicí (dále jen HOP) v objektu. Fotovoltaika musí být chráněna proti úderu před bleskem. Jelikož se ale jedná o novostavbu, tak je

s tím již v elektro projektové dokumentaci počítáno a nemusí se jímací tyče dodatečně upravovat, jako by tomu muselo být při montáži FVE na stávající objekt s hromosvodem. DC kabeláž se musí před připojením do střídače opatřit svodičem přepětí, v tomto případě svodičem od firmy PHOTEC se svodovým proudem 12,5 kA třídy B a C, dále je nutné použít pojistkový odpínač FV panelů pro případ servisu nebo závady. Zde bude použit pojistkový odpínač firmy OEZ OPVP14- 2. Pro každý string je potřeba vlastní svodič přepětí a vlastní dvoupólový pojistkový odpínač. Všechny tyto komponenty jsou namontovány na DIN lištu v rozvaděči a jsou do něj přivedeny kabely z FV panelů a střídače, tak jako je znázorněno na obrázku č. 22.



Obrázek 22: Rozvaděč pro připojení DC části FVE (bch-battery.cz 2022).

10 Ekonomické zhodnocení návrhu

Pro výpočet rentability investice je potřeba znát několik informací. Mezi ně patří: cena pořízení instalovaného FV systému, cena elektrické energie, spotřeba energie v objektu, roční výnos energie z FVE, průměrná životnost FVE, podíl spotřeby energie z FVE, roční navýšení ceny o inflaci, snížení výkonu FVE vlivem

stárnutí a další údaje, které se ale nebudou v této práci zohledňovat. Pro přehlednost a potřeby výpočtu jsou údaje zobrazeny v tabulce č. 1.

Roční spotřeba	4 580	kWh
Celková investice do FVE	297 879	Kč
Roční výnos	5 250	kWh
Cena elektrické energie	5,5	Kč
Podíl spotřeby z FVE	90	%
Roční snížení výkonu FVE	0,6	%
Průměrná doba životnosti FVE	25	let
Roční navýšení ceny o inflaci	4	%

Tabulka 1: Údaje pro výpočet návratnosti (Autor)

V první řadě je potřeba zjistit, kolik bude ročně ušetřeno za elektrickou energií, to lze spočítat následujícím vzorcem.

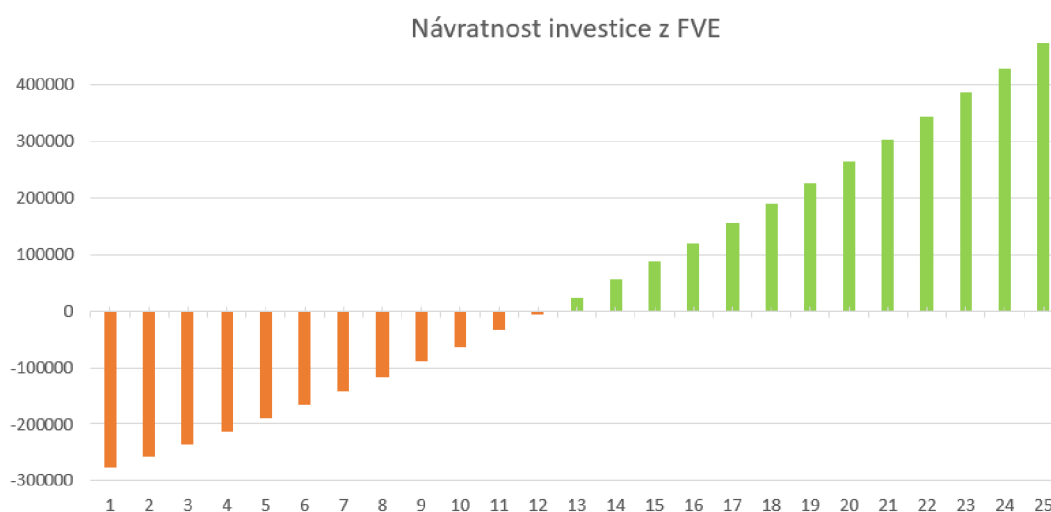
$$C_{ue} = \text{Roční spotřeba} \times \text{Cena elektrické energie} = 4580 \times 5,5 = 25\,190 \text{ Kč}$$

Samozřejmě dle údajů je na první pohled jasné, že výroba FVE převyšuje spotřebu v objektu. Bohužel pro nově instalované FVE již neplatí odkoupení vyrobené energie prostřednictvím zeleného bonusu. Proto v této práci se ziskem z přebytku nebude počítáno. Je ale samozřejmě možné ho využít například k ohřevu do budoucna zamýšleného bazénu, nebo lze předpokládat, že ke konci životnosti FVS bude přebytek kompenzovat snížení výkonu FVE způsobené stárnutím. V předchozím příkladu vyšlo, že roční úspora za energie činí 25 190 Kč. Je potřeba k této úspoře každý rok přičíst navýšení hodnoty o inflaci, v tomto konkrétním případě bude použita průměrná inflace 4 %, která se po celou dobu nezmění. Pro tento výpočet bude částečně nápomocen vzorec budoucí hodnoty, proto, aby bylo možné zjistit, jaký bude zisk v každém roce až do konce životnosti.

$$K_n = K_0 \times (1 + i)^n = 5,5 \times (1 + 0,04)^{25}$$

V libovolném tabulkovém procesoru je potřeba vytvořit tabulku o 25 řádcích, která bude mít v každém řádku cenu elektrické energie zvýšenou o inflaci. Každý tento řádek s cenou zvýšenou o inflaci je vynásoben roční spotřebou v kWh poníženu každý rok o 0,6 % kvůli vlivu stárnutí FV panelů. Následně je potřeba

zohlednit, že 90 % spotřeby v objektu je pokryto z FVE a 10 % je stále pokryto energií z distribuční sítě. Již k vytvořené tabulce se přidá sloupec řádků s 90 % ušetřenou částkou a sloupec řádků s cenou za odebranou energii ze sítě zvýšenou o inflaci a od sloupce s 90 % ušetřenou částkou se tyto hodnoty odečtou. Tím se docílí částky, která zohledňuje jak ušetřené prostředky, tak ty vynaložené za platby energie získávané z rozvodné sítě v celém časovém horizontu. Z posledního řádku byl vytvořen graf, na kterém je patrná návratnost investice s bodem zlomu, kdy investice přechází do zisku (graf č. 7).



Graf 7: Návratnost investice z FVE (Autor 2022).

Dle grafu je patrné, že bod zlomu, kdy se investice přehoupne do zisku je přímo v polovině průměrné životnosti FVE. Aspekty, které byly použity při výpočtu orientačně tento zlom vystihují. Je ale potřeba si uvědomit že zhruba v polovině životnosti FVE by měla přijít na řadu výměna střídače, která návratnost investice opět prodlouží. Na druhou stranu je ale FV systém nadhodnocen a není využita jeho celá kapacita. Kdyby se FV systém optimalizoval dle spotřeby v objektu, byly by primární investice nižší a návratnost by se zkrátila přibližně o třetinu z nynějších 12 let. Tento špatný způsob návrhu systému jen demonstruje mentalitu lidí, kteří vidí výhodu v klesající ceně FV panelů a chtějí proto v drtivé většině případů pokrýt co možná největší plochu střechy objektu. Tato vize je ale nesprávná, jak je vidět na příkladu výše.

11 Možnosti zefektivnění úspor

Jak vyplívá z metodické části, není vždy nutné ani žádoucí maximalizovat výkony z FVE, jelikož z dlouhodobého hlediska je toto řešení ekonomicky nevýhodné, oproti jiným druhům elektráren, které jsou stále podporovány ze strany státu. Samozřejmě toto platí jen za předpokladu, že se jedná o objekty k přímé spotřebě energie. Vždy je tedy důležité zdroj energie optimalizovat vůči spotřebě. Pokud se tak neučiní, zvyšují se primární investice a prodlužuje se doba návratnosti. To se dá považovat za první důležitou možnost, jak zvýšit úspory za energie, protože z dlouhodobého horizontu jde vždy o finanční objem vynaložených nákladů na to, jak snížit spotřebu či kolik se za energie spotřebované musí zaplatit.

Některé další popsané způsoby úspor mohou znít poněkud spektakulózní. Možná si to tato doba vyžaduje – využívat prostředky na plno, zbytečně neplýtvat a využívat prostředky až do konce své životnosti. Pro většinu lidí z moderního světa to může být velice nekomfortní, ale to je otázka jen osobních preferencí a zvyklostí každého z nás.

Ekologický dům by měl nejen minimalizovat energie využívané pro vytápění, ale je zde potřeba myslet i na ostatní složky, které člověk využívá. Těmi jsou například voda, světlo, teplo, vzduch, potraviny. Všechno je úzce spjato i s mentalitou lidí ekologického smýšlení, dům sám o sobě nemůže fungovat ekologicky, pokud v něm nebudou žít lidé, kteří ekologicky nasmýšlí. Opět jde o poměr komfortu, který je člověk schopen obětovat pro životní prostředí.

Díky moderním technologiím je možné šetřit a využívat stále sofistikovanější způsoby úspor. Ale jsou i základní jednoduché možnosti úspor, které jsou více či méně známé. Jedná se třeba o větrání, které je nutné, ale musí být správně prováděno. Větrat by se mělo ve velkém, ale jen krátkodobě. V tomto případě je možné využít rekuperaci vzduchu, tedy nucené větrání, které je v mnoha ohledech výhodnější než větrání ruční. Dále je potřeba šetřit vodu. Jednoduchým způsobem, jak vodou šetřit, je například využívání perlátorů nebo pořízení toalety s dvojitým splachováním. Samozřejmě nejvýhodnější se v této době jeví využívání dešťové vody či čištění šedé vody, kterou následně využívat jako vodu užitkovou. Dobře se jeví i využití rekuperace odpadních vod, využívání tepelného čerpadla, provozování FVE, získávání energie z geotermálních vrtů, malých větrných či vodních elektráren

atd. Dnešní doba nabízí při využití moderních technologií mnoho možností, jak být soběstačný, jak neznečišťovat a jak žít velice ekologicky. Bohužel žít ekologicky, chovat se šetrně k životnímu prostředí a žít v moderní společnosti vyžaduje velké primární investice a silnou míru vlastního přesvědčení. Základním pravidlem ale vždy je – primárně neplýtvat a nevytvářet znečištění či odpad.

Pokud jsou moderní technologie tolik prospěšné životnímu prostředí, proč jsou tak drahé a může si je dovolit jen zlomek populace. Pokud je to ve prospěch nás všech, měli by být technologie dostupnější i běžným lidem a dotace by měli být vyšší. Mělo by se taky přitvrdit v oblasti výstavby, není tajemstvím, že stavební projekty jsou upravovány pro stavební úřad tak aby splňovali kritéria nízkoenergetické výstavby, ale přitom tomu tak není. A přitom jak je známo nejvíce energie je spotřebováno na vytápění objektů.

Výsledky

Z výše popsaných výpočtů, názorů a skutečností lze jednoznačně potvrdit, že instalace FVE na soukromé objekty s výkonem do 10 kW pro přímou spotřebu se opravdu vyplatí. Ať už z hlediska neustálého vývoje FV panelů a ostatních přidružených technologií, které díky pokroku zvyšují účinnost a snižují cenu jednotlivých komponentů, tak i z pohledu životního prostředí. Díky pokročilému stupni recyklace FV článků už nemusejí přetrvávat obavy z toho, co s velkým množstvím vysloužilých panelů a ani to, že při výrobě vznikají větší emise, než které by vznikaly ekvivalentem množství vyrobené elektrické energie z fosilních zdrojů za celou životnost FVE. Tato práce podrobně popsala, jaké jsou metody recyklace FV článků a jaké optimalizace připravuje Evropská rada. Dále výpočty ukázaly, že návratnost malé FVE na běžný rodinný dům stavěný v nízkoenergetickém režimu se pohybuje kolem 12 let. Práce také ukázala, jak moc je důležité právě v době, kdy ze strany státu není vedena podpora výkupu výroby elektrické energie z FVE, systém správně naddimenzovat a již při stavbě dům co možná nejvíce elektrifikovat. V současné době je podle statistik (MPO 2021) nejpoužívanějším zdrojem energie v domech FVE a TČ, k celé této situaci přispívá riziko snížení dodávek plynu z Ruska a obrovské zvyšování cen elektrické energie. Tato práce ukázala, že je výhodné a správné se snažit vytvářet decentralizované zdroje energie, které zajistí soběstačnost a nezávislost.

Část této práce také nabízí stručné přiblížení, jak se takové FVE v malých měřítkách na rodinné domy navrhuje, jak se instalují a jaké jsou ke kompletní FVE potřebné komponenty s přesnými typy produktů. Dále také práce upozorňuje, jaké jsou rizika při provozu a instalaci, a že instalaci může provádět jen kvalifikovaná osoba. V neposlední řadě je popsáno, jak je jednoduché připojit svoji výrobu k distribuční síti pomocí několika formulářů. Jedna kapitola je zaměřena na problematiku úspor. Jelikož možností úspor je mnoho. A možností, jak nezatěžovat životní prostředí je také mnoho, záleží jen na lidech a jejich smýšlení. Kdo chce šetřit najde si mnoho způsobů, jak být šetrný k životnímu prostředí, jak neplýtvat, jak nevytvářet zbytečný odpad a jak neznečišťovat životní prostředí. Především je důležité motivovat a zlepšovat osvětu o problematice životního prostředí už v útlém věku a globálně přecházet na obnovitelné zdroje energie a decentralizovat je.

Diskuse

Při hledání odpovědi, zdali se jednotlivcům finančně vyplatí pořídit si fotovoltaickou elektrárnu lze konstatovat že ano, ale musejí být dodrženy určité podmínky při návrhu. V první řadě je důležité znát spotřebu elektrické energie či předpokládat budoucí spotřebu energií v případě že se plánuje fotovoltaická elektrárna např. na novostavbu rodinného domu. Tento údaj je nejzásadnější a musí se podle něj navrhnout fotovoltaická elektrárna přesně na potřeby objektu, který bude tuto energii využívat. V tomto případě bude návratnost investice nejrychlejší, ale nesmí se využít dotační program. Návratnost navrhované FVE se pohybuje okolo 12 let, a to je téměř poloviční doba návratnosti oproti roku 2014, jak uvádí ve své práci Chrobák et al (2014), který vypočítal návratnost na 22-24 let. Při využití dotačního programu je potřeba splnit několik podmínek, jedna z nich je instalovat lithiovou baterii o velikosti minimálně jednonásobku instalovaného výkonu FV panelů. Tato položka nemalým podílem zvyšuje cenu celé FVE, a proto i při získání dotace návratnost prodlouží a dvojnásobně zvýší primární investici. Při vyšším výkonu je potřeba i výkonnějších veškerých komponentů, které nedisponují životností, jaká je garantovaná u FV panelů, a proto v delším časovém horizontu se návratnost znovu prodlužuje, a to i přesto, že takový výkon pro objekt potřeba není a jen se zdá, že díky dotačnímu programu budou ušetřeny nemalé finanční prostředky. Firmy instalující FVE a zajišťující podklady pro dotační program samozřejmě FVE financovaných za pomoci dotací doporučují. Ale je to pro koncového zákazníka opravdu tak výhodné?

Z širší perspektivy je zřejmé že objekty, které mají menší spotřebu, než je jejich výkon získávaný z FVE budou tuto energii posílat do rozvodné sítě. Za tuto vyrobenou a nespotřebovanou energii budou od místního distributora elektrické energie dostávat malý poplatek, který se pohybuje okolo $1,1 \text{ Kč.kWh}^{-1}$ (PP a.s. 2022). Bohužel tato zanedbatelná částka nezrychlí návratnost investice, a proto je důležité minimalizovat přetoky do rozvodné sítě a správně naddimenzovat FVE. Na druhou stranu dotace pomáhají k decentralizaci zdrojů elektrické energie a zvyšování podílu zdrojů elektrické energie z obnovitelných zdrojů. A to je hlavním cílem Evropské unie, abychom snížili potřebu energie z neobnovitelných fosilních zdrojů, a aby rozvodná síť elektrické energie nebyla závislá jen na několika centrálních

elektrárnách. Dle mého názoru je toto řešení z globálního hlediska jediné správné, ovšem z pohledu jednotlivce, který musí své finanční prostředky vynaložit na instalaci své FVE poněkud nevýhodné.

Když se pomine výše investice do FVE tak je to pro ekologický dům nejčistší zdroj energie ve všech částech své životnosti. Aby tento koncept správně fungoval je potřeba celý dům řídit nadřazeným inteligentním systémem, který se bude starat o energetický management. Jak bylo mnohokrát řečeno, zisk z FVE je produkován převážně v době, kdy není největší spotřeba elektrické energie. Proto je potřeba elektrickou energii akumulovat. Základem je akumulace do teplé vody, která je v běžných domácnostech využívána každý den. Další možnost je ukládat energii do akumulátorů, to je ale bohužel zatím nejdražší varianta akumulace. Poslední doba ale nabízí akumulaci energie do elektromobilů, tedy přestat využívat automobily se spalovacími motory a pořídit si elektromobil.

I přes rychlý vývoj technologií v oblasti fotovoltaiky, není možné být závislý jen na sluneční energii. Proto je potřeba zajistit si alternativní zdroj energie, který bude kompenzovat dny, kdy zisk z FVE je téměř nulový, toto tvrzení potvrzuje i Raugei (2012), který tvrdí že fotovoltaické systémy mají budoucnost a že zmírní dopad na životní prostředí zapříččeného využíváním fosilních paliv, ale i přesto bude na počátku potřeba primární zdroj energie z fosilních paliv. Když se bude uvažovat o soběstačnosti nebo nemožnosti se připojit k rozvodné síti, jeví se jako čistý alternativní zdroj k FVE využít větrnou nebo vodní elektrárnu. Za několik let proto bude velmi časté plnohodnotně žít kdekoliv v tzv. ekologických domech, které nebudou připojeny k žádnému zdroji energie, budou mít totiž vlastní zdroj ekologické energie, pitné vody a vlastní čistírnu odpadních vod.

Závěr

Ukazuje se, že v současnosti se návratnost investice do FVE průměrného rodinného domu pohybuje okolo 12 let. Doba návratnosti je závislá především na spotřebě elektrické energie v objektu a na primárních investicích. Ještě před několika lety se standardně návratnost pohybovala okolo 20-25 let, bylo to zapříčiněno především dražšími komponenty kvůli zavedení clu na dovoz fotovoltaických panelů z Asie, které skončilo ke konci roku 2018. Návratnost se také prodlužovala kvůli dražším výrobním technologiím a levnější ceně za nakupovanou elektrickou energii. Velmi pozitivní zpráva je, že technologie jde stále kupředu, a proto fotovoltaické panely budou levnější a účinnější. Na druhou stranu energie s největší pravděpodobností bude dražší, což ve výsledku přispěje k rychlejšímu rozšíření a decentralizovaní domácích FVE a snížení doby návratnosti. I přes všechny tyto pozitivní zprávy ale zatím nemůžeme být závislí jen na solární energii, a proto je potřeba mít alternativní zdroj energie, který bude vykrývat špičky a dlouhé přechodné období bez slunečního záření. Jako nejpravděpodobnější se zatím jeví energie z jádra či spalování vodíku. Osobně si myslím že toto řešení není dlouhodobé a vystačí jen pro pár generací. Naopak ale věřím, že příští generace to zásadním způsobem neovlivní, protože se vyvine nový zdroj energie, který zatím ještě neznáme.

V podstatě největší množství energie je spotřebovááno na vytápění, proto je potřeba začít nedostatek energie a její zdražování řešit od základu, již při výstavbě bytové potřeby. Využívat kvalitní materiály a snižovat tepelné ztráty objektu na minimum, které se blíží nule. Bohužel tohoto je možné docílit jen u nové výstavby, ale i přesto to je směr, kterým by se lidstvo mělo dát. Když se ještě přihlídneme ke stále se zvyšujícímu počtu populace a tím pádem i ke zvyšování potřeby a spotřeby energie, pak je tato možnost jediná, jak tuto potřebu alespoň výrazně zpomalit a ulehčit tak životnímu prostředí. Proto si myslím, že využití solárního záření s kombinací s nízkoenergetickými budovami má smysl a ve spojení s tepelným čerpadlem je to jediné a nejčistší řešení pro získávání energie v domácnostech po další desítky let, které nebude zatěžovat životní prostředí.

Tato práce neslouží jako návod, veškeré zapojení ohledně FVE musí provádět kvalifikovaná osoba, při neodborné manipulaci může dojít k úrazu elektrickým proudem s životu neslučitelnými následky.

Přehled literatury a použitých zdrojů

Odborné knihy, monografie

AUGUSTA P., 2001: Velká kniha o energii. Praha, L.A. Consulting Agency, ISBN 80-238-6578-1.

BERANOVSKÝ J., MURTINGER K., TOMEŠ M., 2008: *Fotovoltaika – Elektrina ze slunce* 2. vyd. Era, Praha, ISBN 978-80-7366-133-5.

CENKA M., 2001: *Obnovitelné zdroje energie*. 2.vyd. FCC PUBLIC, Praha, ISBN 80-901985-8-9.

CRAIG J. R., VAUGHAN D. J., SKINNER B. J., 2000: *Resources of the Earth: Origin, Use, and Environmental Impact 3rd edition*. Pearson College Div, ISBN 978-0-13-083410-2.

DŘÍMAL P., 2015: *Tepelná čerpadla, geotermální energie*. Code Creator, Brno, ISBN 978-80-88058-05-2.

FENSOME R., WILLIAMS G., ACHAB A., CLAGUE J. J., CORRIGAN D., MONGER J., NOWLAN G., 2015: *Four Billion Years and Counting*. Nimbus Publishing, Toronto, ISBN 978-15-510-9996-5.

GOETZBERGER A., 1997: *Sonnenenergie: Photovoltaik*. Benedictus Gotthelf Teubner, Stuttgart, ISBN 978-35-191-3214-1.

HANZE A., HILLEBRAND W., 2000: *Elektrický proud ze slunce. Fotovoltaika v praxi – technika, přehled trhu a návody ke stavbě*. GENESIS, Brno, ISBN 80-86167-12-7.

HASELHUHN R., MAULE P., 2017: *Fotovoltaické systémy*. Česká fotovoltaická asociace, Plzeň, ISBN 978-80-906281-5-1.

JIRÁSEK J., SIVEK M., LÁZNIČKA P., 2010: *Ložiska nerostů*. Anagram, Ostrava, ISBN 978-80-7342-206-6.

JOOSTEN H., CLARKE D., 2002: *Wise Use of Mires and Peatlands: Background and Principles Including a Framework for Decision-making*. International Mire Conservation Group, Greifswald, ISBN 978-95-197-7448-0.

LIBRA M., POULEK V., 2009: *Fotovoltaika: teorie i praxe využití solární energie*. 1. vyd. ILSA, Praha, ISBN 978-80-904311-0-2.

LINTNEROVÁ O., 2009: *Geológia kaustobiolitov. Uhlie a uhľovodíky*. Univerzita Komenského v Bratislave, ISBN 978-80-223-2623-0.

LOMBORG B., 2001: *The Skeptical Environmentalist*. Cambridge University Press, ISBN 978-11-396-2637-8.

MASTNÝ P., DRÁPELA J., MIŠÁK S., MACHÁČEK J., PTÁČEK M., RADIL L., BARTOŠÍK T., PAVELKA T., 2011: *Obnovitelné zdroje elektrické energie*. ČVUT, Praha, ISBN 978-80-01-04937-2.

MOTLÍK J., ŠAMÁNEK L., ŠTEKL J., VÁŇA J., BAŘINKA R., ŠAFARÍK M., 2007: *Obnovitelné zdroje energie a jejich využití pro ČR*. ČEZ, Praha, ISBN: 978-80-239-8823-9.

NAGY E., 2002: *Nízkoenergetický ekologický dům*. Jaga Group, Bratislava, ISBN 80-88905-74-5.

PLAMÍNKOVÁ J., 1998: *Slabikář ekologického bydlení. 1. vyd.* LEA, Praha, ISBN 80-238-2218-7.

POKORNÝ O., 1973: *Soupis a lokalizace větrných mlýnů v Čechách*. Geografický ústav ČSAV, Brno.

QUASCHNING V., 2010: *Obnovitelné zdroje energií*. Grada, Praha, ISBN 978-80-247-3250-3.

QUASCHNING V., 2021: *Regenerative Energiesysteme, 11. Auflage*. Hanser, München, ISBN 978-3-446-47163-4.

REMEŠ J., UTÍKALOVÁ I., KACÁLEK P., KALOUSEK L., PETŘÍČEK T., 2014: *Stavební příručka 2. vyd.* Grada, Praha, ISBN 978-80-247-5142-9.

STUDENÍK J., SVITAVSKÝ M., 2016: *Energie větru, vody, biomasy*. Code Creator, Brno, ISBN 978-80-88058-08-3.

TYWONIAK J., 2012: *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další*. Grada, Praha, ISBN 978-80-247-3832-1.

Článek v odborném periodiku

AYENGO P. S., SCHIRMER T., KAIRIES P. K., AXELSEN H., SAUER U.D., 2018: *Comparison of off-grid power supply systems using lead-acid and lithium-ion batteries*. Solar Energy volume 162, (online) [cit. 2022.02.10], dostupné z <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038092X17311313>>. P. 140-152

BARNETT A., 2009: *Very high efficiency solar cell modules*. Progress in photovoltaics volume 17, (online) [cit. 2022.02.9], dostupné z <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/pip.852>>. P. 75-83

BOPP G., 1999: *Ostbayerisches Technologie-Transfer-Institut*. 14. Symposium Photovoltaische Solarenergie, (online) [cit. 2022.02.10], dostupné z <<http://publica.fraunhofer.de/documents/B-65204.html>>. P. 148-155

CHROBÁK P., ZÁLEŠÁK M., OPLUŠTIL M., SEHNÁLEK S., VINCENEC J., 2014: Photovoltaics panels – Economic return based on the real effectiveness. WSEAS Transactions on Environment and Development volume 10, (online) [cit. 2022.03.19], dostupné z <WSEAS Transactions on Environment and Development>. P. 320-328

HERTZ R. H., 1887: *Ueber den Einfluss des ultravioletten Lichtes auf die elektrische Entladung*. Annalen der Physik volume 267, (online) [cit. 2022.01.7], dostupné z <<https://zenodo.org/record/1423827#.Ydhu4WjMKUk>>. P. 983–1000

MAANIA T., CELIK I., HEBENC J. M., ELLINGSON J. R., APUL D., 2020: *Environmental impacts of recycling crystalline silicon (c-Si) and cadmium telluride (CDTE) solar panels*. Science of The Total Environment volume 735, (online) [cit. 2022.01.11], dostupné z <<https://doi-org.infozdroje.czu.cz/10.1016/j.scitotenv.2020.138827>>.

RAUGEI M., FULLANA-I-PALMER P., FTHENAKIS V., 2012: *The energy return on energy investment (EROI) of photovoltaics: Methodology and comparisons with fossil fuel life cycles*. Energy Policy volume 45, (online) [cit. 2022.03.19], dostupné z <<https://www-sciencedirect-com.infozdroje.czu.cz/science/article/pii/S0301421512002133>>. P. 576-582

Internetový zdroj – monografie, článek na webových portálech

AEKO, 2021: *Návratnost investice* (online) [cit.2022.02.20], dostupné z <<http://www.solarnivyroba.cz/navratnost-investice>>.

APS, 2009: *Bell Labs Demonstrates the First Practical Silicon Solar Cell* (online) [cit.2021.01.31], dostupné z <<https://www.aps.org/publications/apsnews/200904/physicshistory.cfm>>.

BADALÍK A., 2008: *Ucelený systém kabelů a konektorů pro fotovoltaiku* (online) [cit.2022.02.15], dostupné z <<https://www.tzb-info.cz/5145-uceleny-system-kabelu-a-konektoru-pro-fotovoltaiku>>.

BECHNÍK B., 2011: *Recyklace fotovoltaických panelů na konci životnosti* (online) [cit. 2021.01.31], dostupné z <<https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/7868-recyklace-fotovoltaickych-panelu-na-konci-zivotnosti>>.

BECHNÍK B., 2014: *Stručná historie fotovoltaiky* (online) [cit. 2022.01.7], dostupné z <<http://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/11652-strucna-historie-fotovoltaiky>>.

CMSAF, 2021: *Overview* (online) [cit.2022.02.20], dostupné z <https://www.cmsaf.eu/EN/Home/home_node.html>.

ČEJKA M., ANTONÍN J., 2017: *Budovy s téměř nulovou spotřebou – porovnání energetických standardů* (online) [cit.2022.01.20], dostupné z <<https://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie/15181-budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-porovnani-energetickych-standardu>>.

DRAŽICE, 2015: *Bojlery s možností ohřevu vody pomocí fotovoltaiky* (online) [cit.2022.02.10], dostupné z <<https://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/13500-bojlery-s-moznosti-ohrevu-vody-pomoci-fotovoltaiky>>.

DTEST, 2020: *Solární baterie* (online) [cit.2022.02.10], dostupné z <<https://www.dtest.cz/clanek-7890/solarni-baterie>>.

ENERGY EDUCATION, 2020: *Nuclear fusion in the Sun* (online) [cit.2022.01.10], dostupné z <https://energyeducation.ca/encyclopedia/Nuclear_fusion_in_the_Sun>.

EUROPEAN COMMISSION 2013: *Full Recovery End-of-Life Photovoltaic* (online) [cit.2022.01.11], dostupné z <https://webgate.ec.europa.eu/life/publicWebsite/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=4554&docType=pdf>.

FAKTA O KLIMATU, 2020: *Potenciál větrné energie v ČR* (online) [cit.2022.02.19], dostupné z <<https://faktaoklimatu.cz/infografiky/potencial-vetrne-energie-cr>>.

FRONIUS, 2022: *Symo Hybrid 5.0-3-S* (online) [cit.2022.02.20], dostupné z <<https://www.fronius.com/cs-cz/czech-republic/solarni-energie/instalacni-firmy-a-partneri/technicke-udaje>>.

KUTHAN J., 2021: *Nizkoenergetický, pasivní, nulový dům? Pojdme se v tom zorientovat* (online) [cit.2022.01.22], dostupné z <<https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/pasivni-domy/5057-nizkoenergeticky-pasivni-nulovy-dum-pojdme-se-zorientovat>>.

MATAJS V., 2020: *Jak se recyklují solární panely a kdo to zaplatí?* (online) [cit.2022.01.11], dostupné z <<https://www.solarniexperti.cz/kolik-stoji-recyklace-solarnich-panelu/>>.

NASA, 2011: *Powering the Future* (online) [cit.2021.01.31], dostupné z <<https://www.nasa.gov/centers/glenn/about/fs06grc.html>>.

NEW WORLD CLIMATE, 2017: *How The Sun Affects Weather* (online) [cit.2022.01.10], dostupné z <<http://www.nwclimate.org/guides/sun-affects-on-weather-tutorial/>>.

PLANETE ENERGIES, 2015: *How Is Coal Formed* (online) [cit.2022.01.08], dostupné z <<https://www.planete-energies.com/en/medias/close/how-coal-formed-process-spanning-eras>>.

SYSEL ENERGI, 2022: Fér výkup (online) [cit.2022.03.15], dostupné z <<https://www.syselenergie.cz/fer-tarif.php>>.

ŠANCE PRO BUDOVY, 2018: *Průkazy energetické náročnosti budov* (online) [cit.2022.01.08], dostupné z <<https://sanceprobudovy.cz/prukazy-energeticke-narocnosti/>>.

VODARIUM, 2021: *Využití šedé odpadní vody v domě, vyplatí se to?* (online) [cit.2022.01.20], dostupné z <<https://vodarium.cz/vyuziti-sede-odpadni-vody/>>.

VRTEK M., 2012: *Sluneční energie* (online) [cit.2022.01.25], dostupné z <http://projekty.fs.vsb.cz/010/downloads/texty/Slunecni_energie-Vrtek.pdf>.

ZEMKOVÁ B., 2019: *Recyklace solárních panelů. Hrozí nám ekologická katastrofa?* (online) [cit.2022.01.11], dostupné z <<https://www.elektrina.cz/recyklace-solarnich-panelu>>.

Internetový zdroj – webové stránky institucí, obcí

ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD, 2021: *Roční zpráva o provozu ES ČR pro rok 2021* (online) [cit.2022.01.8], dostupné z <<http://www.eru.cz/>>.

EUROPEAN COMMISSION, 2022: *PVGIS - Tools* (online) [cit.2022.02.20], dostupné z <https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools>.

EUROSTAT, 2020: *Energy data 2020* (online) [cit.2022.01.22], dostupné z <<https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-statistical-books/-/KS-HB-20-001>>.

ÚJV, 2015: *V Řeži vyvíjejí kombinaci fotovoltaiky a vodíkové baterie* (online) [cit.2022.02.10], dostupné z <<https://www.scienceworld.cz/aktuality/v-rezi-vyvijei-kombinaci-fotovoltaiky-a-vodikove-baterie/>>.

MPO, 2021: *Podíl obnovitelných zdrojů energie na hrubé konečné spotřebě energie* (online) [cit.2022.03.16], dostupné z <https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/statistika/obnovitelne-zdroje-energie/2021/12/Podil-OZE-na-hrube-konecne-spotrebe-energie-2010-2020_v2.pdf>.

OTE, 2022: *Krátkodobé trhy* (online) [cit.2022.03.16], dostupné z <<https://www.ote-cr.cz/cs/kratkodobe-trhy/elektrina/denni-trh?date=2022-03-16>>.

PP, 2022: *Ceník výkupů přebytků z výroby elektřiny pro výrobce s instalovaným výkonem do 30 kW* (online) [cit.2022.03.19], dostupné z <https://ppas.cz/sites/default/files/2021-10/vykupy_cenik_2022.pdf>.

PRE, 2022: *Připojení výrobní k distribuční soustavě* (online) [cit.2022.03.16], dostupné z <<https://www.predistribuce.cz/cs/potrebuji-zaridit/vyrobci/pripojeni-vyrobní-k-distribucni-soustave/>>.

Legislativní materiály – zákon, vyhláška, norma

Vyhláška č. 50/1978 Sb., Vyhláška Českého úřadu bezpečnosti práce a Českého báňského úřadu o odborné způsobilosti v elektrotechnice.

Zákon č. 586/1992 Sb., České národní rady o daních z příjmů, v platném znění.

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

Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, v platném znění.

Vyhláška č. 82/2011 Sb., o měření elektřiny a o způsobu stanovení náhrady škody při neoprávněném odběru, neoprávněné dodávce, neoprávněném přenosu nebo neoprávněné distribuci elektřiny, v platném znění.

Zákon č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů, v platném znění.

Směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2012/19/EU., o odpadních elektrických a elektronických zařízeních, v platném znění.

Vyhláška č. 477/2012 Sb., o stanovení druhů a parametrů podporovaných obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny, tepla nebo biometanu a o stanovení a uchování dokumentů, v platném znění.

Vyhláška č. 16/2016 Sb., o podmínkách připojení k elektrizační soustavě, v platném znění.

Vyhláška č. 264/2020 Sb., o energetické náročnosti budov, v platném znění.

Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech, v platném znění.

Zákon č. 542/2020 Sb., o výrobcích s ukončenou životností, v platném znění.

Technické normy

ČSN EN 1990 ED.2: *Zásady navrhování konstrukcí*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2002. 100 s.

ČSN EN 1991-1-1: *Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2004. 44 s

TNI 73 0329: *Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění – Rodinné domy*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2010. 16 s.

ČSN EN 50548: *Připojovací skřínky pro fotovoltaické moduly*. Evropský výbor pro normalizaci v elektrotechnice, Brusel, 2011. 52 s.

ČSN 73 0540-2: *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2011. 56 s.

ČSN 33 2130 ED.3: *Elektrické instalace nízkého napětí – Vnitřní elektrické rozvody*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2018. 44 s

Bakalářské/diplomové práce

KOŘENEK J., 2019: *Využití fotovoltaické elektrárny s bateriovým úložištěm pro potřeby skladu a kancelářských prostor*. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Brno. 69 s. (diplomová práce). „nepublikováno“. Dep. VUT v Brně.

Projektové dokumentace

ŠKŮREK J., 2021: *Stavba koncového řádového rodinného domu*, 26 s. „nepublikováno“. Dep.: Stavební úřad městské části Praha 4.

Návody (manuály), příručky apod

BYD, 2022: *Datasheet – B-Box Premium HVM 8.3*, Los Angeles, 2 s.

EXE SOLAR, 2020: *Technický list – JUPITER A-HCM550/144*, Bolzano, 2 s.

TONDACH, 2016: *Technický list – Bobrovka*, Praha, 1 s.

Obrázky (grafy, fotografie), tabulky, přílohy apod.

Seznam obrázků

OBRÁZEK 1: VZOR PRŮKAZU ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY (VYHLÁŠKA Č. 264/2020 SB.).....	24
OBRÁZEK 2: ENERGETICKÝ ŠTÍTEK S KATEGORIEMI DLE SPOTŘEBY ENERGIE (HRBÁČ 2015).....	26
OBRÁZEK 3: MATERIÁLOVÉ ZASTOUPENÍ JEDNOTLIVÝCH TYPŮ FV PANELŮ (MAANIA ET AL 2020).....	31
OBRÁZEK 4: SCHÉMA PROCESU RECYKLACE PODLE SYSTÉMU FRELP (SASIL S.R.L. 2021).....	32
OBRÁZEK 5: FOTOVOLTAICKÝ JEV (SVETENERGIE.CZ 2022).....	36
OBRÁZEK 6: ROZDĚLENÍ AUTONOMNÍCH STRÍDAČŮ (ČFA 2017).....	41
OBRÁZEK 7: DRUHY MONTÁŽNÍCH SYSTÉMŮ FVE (ČFA 2017).....	44
OBRÁZEK 8: PŮSOBENÍ VĚTRNÝCH SIL NA ŠIKMOU STŘECHU (ČFA 2017).....	45
OBRÁZEK 9: TŘI ZÁKLADNÍ DÍLČÍ KROKY PŘI MONTÁŽI FVE (ČFA 2017).....	46
OBRÁZEK 10: PROFESNÍ KVALIFIKACE (AUTOR 2021).....	49
OBRÁZEK 11: DOKUMENTY K PŘIPOJENÍ MIKROZDROJE (PRE 2022).....	51
OBRÁZEK 12: POHLED NA ŘEŠENÝ OBJEKT (ŠKŮREK 2021).....	52
OBRÁZEK 13: KONTROLNÍ SEZNAM PRO NÁVRH FVE – PŘELOŽENO (DGS 2022).....	54
OBRÁZEK 14: SOLÁRNÍ MAPA ČR (SOLARROOF.CZ 2022).....	54
OBRÁZEK 15: POMŮCKA PRO RYCHLOU ORIENTACI VÝKONU FVE (AEKO S. R. O. 2022).....	55
OBRÁZEK 16: PŮDORYS STŘECHY OBJEKTU (ŠKŮREK 2021).....	55
OBRÁZEK 17: VSTUPNÍ PARAMETRY PRO VÝPOČET VÝNOSU FVE (PVGIS 2022).....	57
OBRÁZEK 18: 3D MODELOVACÍ PROSTŘEDÍ PROGRAMU PV*SOL (AUTOR 2022).....	59
OBRÁZEK 19: SCHÉMA ZAPOJENÍ FV PANELŮ (AUTOR 2022).....	59
OBRÁZEK 20: BLOKOVÉ SCHÉMA ŘEŠENÉ FVE (AUTOR 2022).....	60
OBRÁZEK 21: TOKY ENERGIÍ FVE (AUTOR 2022).....	60
OBRÁZEK 22: ROZVADĚČ PRO PŘIPOJENÍ DC ČÁSTI FVE (BCH-BATTERY.CZ 2022).....	63

Seznam grafů

GRAF 1: PODÍL VYUŽITÍ OZE NA CELKOVÉ VÝROBĚ ELEKTRICKÉ ENERGIE ZA ROK 2020 (ERÚ 2020).....	17
GRAF 2: CELKOVÝ PODÍL ZDROJŮ ENERGIE SPOTŘEBOVANÉ V ROCE 2020 (OTE A.S.2020).....	18
GRAF 3: PODÍL VYROBENÉ ENERGIE Z OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ ZA ROK 2019 (EUROSTAT 2021).....	18
GRAF 4: ROZDĚLENÍ STANDARDŮ VÝSTAVBY DLE MĚRNÉ POTŘEBY TEPLA (ŠANCE PRO BUDOVY 2022).....	29
GRAF 5: VÝVOJ TECHNOLOGIÍ FV ČLÁNKŮ (NREL 2021).....	38
GRAF 6: VÝSLEDKY VÝNOSOVÉ ANALÝZY (PVGIS 2022).....	58
GRAF 7: NÁVRATNOST INVESTICE Z FVE (AUTOR 2022).....	65

Seznam tabulek

TABULKA 1: ÚDAJE PRO VÝPOČET NÁVRATNOSTI (AUTOR).....	64
---	----