



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECNICKÉ V PRAZE

**Fakulta stavební
Katedra architektury**

**Soběstačné a udržitelné urbanistické celky a jejich vybrané
technické aspekty**

**Vliv aktivních solárních systémů na architektonickou formu a sídelní
strukturu**

**Self-sufficient and sustainable urban complexes and their
selected technical aspects**

Influence of active solar systems on architectural form and urban structure

DISERTAČNÍ PRÁCE

Ing. arch. Štěpán Lajda

Doktorský studijní program: Architektura a stavitelství

Studijní obor: Architektura a stavitelství

Školitel: Doc. Ing. arch. Václav Dvořák, CSc.

Praha, 2022

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6



PROHLÁŠENÍ

Jméno doktoranda: Ing. arch. Štěpán Lajda

Název disertační práce: Soběstačné a udržitelné urbanistické celky a jejich vybrané technické aspekty:

Vliv aktivních solárních prvků na architektonickou formu a sídelní strukturu

Prohlašuji, že jsem uvedenou disertační práci vypracoval samostatně pod vedením školitele Doc. Ing. arch. Václava Dvořáka, CSc.

Použitou literaturu a další materiály uvádím v seznamu použité literatury.

V Praze dne 28.2.2022

podpis

PODĚKOVÁNÍ

Na úvod práce bych si dovolil poděkovat mému školiteli doc. Ing. arch. Václavu Dvořákovi, CSc. za jeho vedení, nápady i vstřícný přístup. Děkuji také školícímu pracovišti Katedře architektury Fakulty stavební ČVUT v Praze, které mi vytvořilo kvalitní podmínky a průpravu pro vypracování této dizertační práce. Největší díky však patří mé manželce Ivetě Lajdové a celé mé rodině. Jsem vděčný za jejich výraznou podporu. Jsem si plně vědom, že se nejednalo o lehké období. Děkuji za jejich přístup a veškerou toleranci.

ABSTRAKT

Současný trend z hlediska výstavby energeticky efektivních budov a s nimi souvisejícím využitím solární energie je zřejmý. Vzhledem k aktuálnímu výraznému zdražení energií na konci roku 2021 se toto téma začalo stávat ještě aktuálnějším i pro běžnou veřejnost. Již několik let je tento trend pevně spjat s plány EU a následně přebíranými plány ČR. Disertační práce se zabývá využitím aktivních solárních systémů v kontextu architektonické formy a sídelní struktury. Obytné celky primárně založené na využití sluneční energie ve světě již existují, stále však není zažitým pravidlem respektování architektonických kvalit. Základem práce je připomenutí historického vývoje, průzkum současných možností a rešeršní část. Ta se zabývá jednotlivými prvky aktivních solárních systémů v kontextu jejich technické i estetické formy a jejich aplikací v rámci sídelních souborů. Závěrem je vybrána konkrétní lokalita v ČR, stanoveny předpoklady zadání a souhrnně aplikovány poznatky z analytické části práce.

KLÍČOVÁ SLOVA

solární energie, BIPV, fotovoltaické systémy, fototermické systémy, obytný soubor, udržitelný rozvoj, soběstačnost

ABSTRACT

The current trend in terms of construction of energy efficient buildings and related use of solar energy is obvious. Due to the current significant increase in energy prices at the end of 2021, this topic has become even more actual even for ordinary public. For last several years, this trend has been firmly connected with EU plans and the Czech Republic's subsequently adopted plans. The dissertation deals with the use of active solar systems in the context of architectural form and urban structure. Residential complexes primarily based on the use of solar energy in the world already exist, but it is still not the base rule to respect the architectural qualities. The basis of the work is a reminder of historical development, research of current possibilities and part of examples. It deals with individual elements of active solar systems in the context of their technical and aesthetic form and their applications within residential areas. Finally, a specific locality in the Czech Republic is selected, the assumptions of the assignment are determined and the findings from the analytical part of the thesis are applied in summary.

KEY WORDS

solar energy, BIPV, photovoltaic systems, solar thermal systems, urban complex, sustainable development, self-sufficiency

OBSAH PRÁCE

1	ÚVOD	15
1.1	MOTIVACE VÝBĚRU TÉMATU	15
1.2	METODIKA ZPRACOVÁNÍ A CÍL PRÁCE.....	17
1.3	PŘEDMLUVA K PRÁCI	19
2	SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	22
2.1	OD HISTORIE AŽ PO SOUČASNOST	22
2.2	LEGISLATIVA	31
2.3	CERTIFIKACE BUDOV.....	35
3	AKTIVNÍ SOLÁRNÍ SYSTÉMY	37
3.1	ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ SOLÁRNÍCH SYSTÉMŮ	38
3.2	FOTOTERMICKÉ SYSTÉMY.....	39
3.3	FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY.....	52
3.4	KOMBINOVANÉ SYSTÉMY FT A FV.....	70
4	ZÁKLADNÍ PARAMETRY SÍDELNÍ STRUKTURY	71
5	REALIZOVANÉ SÍDELNÍ CELKY VYUŽÍVAJÍCÍ FT A FV	77
6	SOUHRN ZÁSAD NÁVRHU SÍDELNÍHO CELKU	102
6.1	APLIKACE POZNATKŮ NA PODMÍNKY ZADÁNÍ	102
6.2	CUKROVAR LENEŠICE - APLIKACE ZÁSAD V NÁVRHU	109
7	ZÁVĚR	113
7.1	NAPLNĚNÍ CÍLŮ	113
7.2	PŘÍNOS PRÁCE A MOŽNÉ UPLATNĚNÍ V PRAXI	114
7.3	MOŽNÁ TÉMATA PRO DALŠÍ VÝZKUM.....	114
8	LITERATURA, ILUSTRACE, ZKRATKY	115
8.1	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	115
8.2	SEZNAM ILUSTRACÍ	118
8.3	SEZNAM ZKRATEK POUŽITÝCH V TÉTO PRÁCI	122

„Solar architecture is not about fashion, it is about survival.“

Lord Norman Foster

Evropská konference na téma solární architektury, Florencie, květen 1993

1 ÚVOD

Téma soběstačnosti a udržitelnosti výstavby je velmi aktuální a frekventované. Technických aspektů napomáhajících k jeho docílení je více. Například lze zmínit: sociální a ekonomické aspekty, využití ekologických materiálů, recyklovatelnost, životní cyklus budovy, hospodaření s vodou či využití obnovitelných zdrojů energie. V rámci zpracování disertační práce bylo vhodné okruh technických aspektů zúžit. Během prezentace studie disertační práce během Státní doktorské zkoušky dne 25.3.2019 bylo rozhodnuto o zpřesnění tématu na „*Využití aktivních solárních systémů a jejich vliv na architektonickou formu a sídelní strukturu*“. Jedná se o téma, které se s architektonickým výrazem pojí velmi úzce.

1.1 MOTIVACE VÝBĚRU TÉMATU

Slunce nás zásobuje obrovským množstvím energie a je jen na nás, jaký podíl z ní dokážeme využít. Energii můžeme ponechat ladem, vpustit ji do vnitřního prostoru nebo z ní vygenerovat teplo či elektrický proud. Úspěšný projekt s efektivním využitím energie slunce souvisí s více aspekty. V ideálním případě by se mělo jednat o správný kompromis velikosti objektu, jeho ochlazované obálky, orientace vůči světovým stranám, velikosti prosklených otvorů, studie stínění, sklonu jednotlivých ploch, ad. Tyto záležitosti nám mohou pomoci rozhodnout, zda energii slunečních paprsků budeme využívat pasivně, nebo se spolehne na aktivní systémy. Kvalitní architektura však často není pouze o ideálu. Stejně tak není jen o co nejefektivnějším využití sluneční energie. My architekti, jacísi dirigenti návrhu stavby, bychom měli umět zkoordinovat a dát do rovnováhy práci všech specialistů projektu. Jen poté může být výsledek po všech směrech kvalitní. Využití solární energie osobně považuji za jeden z velmi důležitých aspektů kvalitní architektury.

Tendence sledující tento trend jsou zřejmé z platných předpisů, a to jak v rámci Evropské komise, tak následného zapracování do českých legislativních požadavků. Často je zmiňována nutnost opuštění spalování fosilních paliv, jež znečišťují ovzduší, zvyšují skleníkový efekt a přispívají tedy ke globálním změnám klimatu. Zde jsou však budovy pouze jednou částí celkového problému, který je zapotřebí vyřešit. Rád bych uvedl, že má motivace výběru tématu nebyla pouze v jeho aktuálnosti na poli energetické politiky a postupně se zpřísňujících požadavcích. Hlavním důvodem bylo osobní přesvědčení o hlubším smyslu využití energie, která nám je každý den

zdarma poskytována. Tato motivace se v průběhu zpracování práce ještě prohlubovala. Aktuálně žijeme v době, kdy si jistě více než kdy jindy spousta lidí uvědomuje vhodnost a úspornost získávání energie z obnovitelných zdrojů a výhody určité energetické soběstačnosti. Politice začátku roku 2022 (zdražování energií, válka na Ukrajině) bych se v této práci nerad věnoval. S aktuálností tématu má však z mého pohledu nemalou souvislost.



Obrázek 1 Negativní příklad použití fotovoltaických panelů; zdroj: <http://www.bjxenergia.com/>

Přiznám se, že osobně nejsem zastáncem předimenzování aktivních solárních prvků (v tomto případě FV), které mají za úkol generovat nadbytek elektrické energie za účelem odprodeje do distribuční sítě. Z pohledu praktikujícího architekta se na problematiku snažím dívat komplexněji. Z osobního přesvědčení je mi bližší využití vygenerované energie v rámci daného objektu. Často se můžeme setkat s nadbytkem aktivních prvků na úkor kvalit veřejného či soukromého prostoru nebo na úkor estetických kvalit objektu. Z těchto důvodů je pro mě jako architekta téma aktivních solárních systémů a jejich vlivu na architekturu velmi zajímavé.

Disertační práce se nezabývá pouze individuálními objekty, ale také souvislostmi v rámci malých sídelních celků. Parametry kvalitního návrhu, který je primárně založen na využití solární energie, jsou zde ještě komplexnější. Z vlastního průzkumu jsem nabyl dojmu, že v České republice se nejedná o tak běžnou praxi, jako je tomu například ve Švýcarsku, Rakousku

či Německu. V technických parametrech solárních systémů je složité udržet aktuálnost tématu. Jedná se o rychle se vyvíjející odvětví. Každým rokem se dostáváme k větším, výkonnějším či esteticky přívětivějším prvkům. Právě ta zmíněná estetika v rámci návrhu sídelního celku je však dle mého názoru méně probádaným tématem. I z tohoto důvodu spatřuji v dané problematice velký potenciál.



Obrázek 2 Pozitivní příklad použití (integrování) fotovoltaických panelů: Umwelt Arena, Spretenbach, Švýcarsko, 2012, Rene Schmidt Architekten; zdroj: <https://www.archdaily.com/285637/umwelt-arena-rene-schmid-architekten>

1.2 METODIKA ZPRACOVÁNÍ A CÍL PRÁCE

POUŽITÉ METODY VĚDECKÉ PRÁCE

Práce byla sepsána na základě *Metodického pokynu č. 1/2009 Českého vysokého učení technického v Praze: O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací*. Jednotlivé poznatky jsou uvedeny kompilační metodou s parafrázemi myšlenek převzatých z použité literatury. V práci se objevují v menší míře citace a také všeobecně známá fakta, která nejsou v seznamu použitých zdrojů citována. V analytické části elaborátu jsou rozebrány jednotlivé historické a technické aspekty

zkoumaného tématu. Formou syntézy jednotlivých částí bylo možné prohloubit pochopení vzájemných souvislostí zkoumaného tématu. Následně je dospěno k jednotlivým kapitolám, které zastupují faktickou část. Sumarizace vede k získání nových poznatků, vztahů a zákonitostí. Práce je doplněna vlastními myšlenkami, které směřují k praktické aplikaci zkoumaného tématu.

CÍLE PRÁCE

- *Má architektura domu či sídelního útvaru primárně založeném na využití aktivních solárních systémů specifický výraz?*
- *Vyžaduje použití daných systémů významné uzpůsobení architektonického konceptu?*
- *Jaké estetické možnosti koncových prvků se nám v současné době nabízí?*
- *Lze skutečně navrhnout plně soběstačný objekt či sídelní celek?*

To jsou některé z otázek, na něž se práce snaží hledat odpovědi. Prvotním cílem práce je hlubší pohled do problematiky a ucelení zjištěných poznatků, které je možné čerpat z nepřeberného množství různých zdrojů. Tuto část prezentuje rozsáhlá analytická část. Komplexní pohled do historie, přehled legislativy, specifikace aktuálních systémů či reálné příklady využití jsou základními pilíři v lepší orientaci daného tématu. Jsem přesvědčen, že detailní prozkoumání technických aspektů může vést k lepšímu pochopení problematiky, a tedy lepšímu povědomí o aplikovatelnosti zkoumaných systémů. Technické řešení má často vliv také na estetickou stránku prvku a jeho architektonické využití.

Závěrečným výstupem práce by měl být stručný souhrn doporučující koncepční zásady pro různé možnosti zadání sídelního celku primárně zaměřeného na využití aktivních solárních systémů. Ambicí práce je, aby v případě úpravy do formy skript mohla sloužit jako praktický pomocník projektantů, architektů, širší veřejnosti či studentů architektonicky a technicky zaměřených oborů. Poslední skupina (studenti) jsou pro mě osobně

největší motivací. Jsem přesvědčen, že by tato učební pomůcka mohla zlepšit povědomí o problematice již během výuky ateliérových předmětů a pozitivně tím ovlivnit směr, kterým se bude navrhování v dalších letech vydávat.

1.3 PŘEDMLUVA K PRÁCI

STANOVENÍ ZÁKLADNÍCH PŘEDPOKLADŮ PRÁCE

- **velikost souboru**

Z hlediska rozsahu sídelního celku se práce zabývá spíše malými soubory, které jsou dle mého přesvědčení více vypovídajícími inspiracemi pro české prostředí. Architektonické a urbanistické vazby v souvislosti s využitím solární energie jsou podobně významné, jako je tomu u velkých urbanistických celků. Většina příkladů z řešeršní části zkoumá rezidenční objekty.

- **komplexní návrh**

V rámci komplexního architektonického návrhu je potřeba brát v úvahu více souvislostí, jak již bylo zmíněno v úvodu práce. Není možné očekávat ideální výsledky generování energie z FT nebo FV, pokud není kvalitně vyřešen architektonický koncept objektu. Zjednodušeně tedy: Má-li mít smysl vytápět objekt / soubor objektů pomocí energie slunce, je zapotřebí začít především u nároků na potřeby energie. Z toho důvodu bych považoval za více než vhodné uvažovat minimálně o pasivním energetickém standardu. Nejedná se pouze o redukci tepelných ztrát, ale také možné přehřívání v letním období, přirozené osvětlení, umístění místností v kontextu světových stran atp. Vše by mělo tvořit vyvážený kompromis.

- **novostavba vs. rekonstrukce**

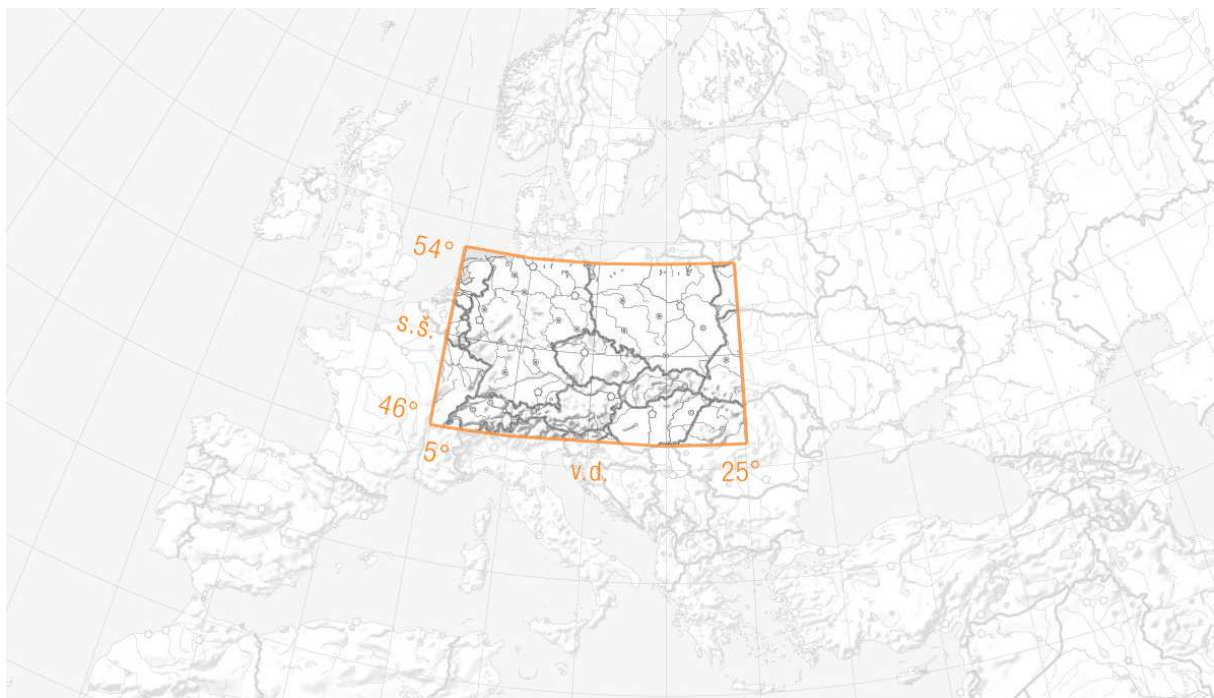
Naprostá většina příkladů této práce se věnuje novostavbám. Pokud je v našem zájmu se zabývat obytným souborem primárně založeném na využití solární energie, je zde velká souvislost celého architektonického konceptu a umístění v rámci světových stran. To je podmínka, kterou v rámci rekonstrukce jen těžce ovlivníme. Neznamená to však, že zpracovaný elaborát nelze využít v rámci rekonstrukcí. Možné to samozřejmě je. V případě zájmu o vytápění pomocí FT systému je však nezbytnou součástí návrhu přiblížení se pasivnímu standardu.

- **soběstačnost není podmínkou**

Kritériem pro výběr konkrétních realizací souborů nebyla soběstačnost objektů, ale obecně architektonicky významné využití FT či FV systémů. Tento předpoklad souvisí i s konečným výstupem práce, který má pomoci s uplatněním FT a FV v návrhu i v menší míře než nutné pro soběstačné fungování projektu. Je tedy možné využívat FT a FV systémy i při současném připojení na veřejné sítě.

- **zeměpisná poloha**

Je zřejmé, že návrh prvků pro zachycení sluneční energie se bude lišit po celém světě dle dráhy, kterou nad objektem vykoná slunce. Cílem práce není prověřit veškeré možnosti z hlediska zeměpisné polohy na Zemi. To by nebylo v kapacitách řešitele. Vzhledem k vymezení cíle této práce jsou brány v úvahu zeměpisné polohy blízké České republice. Z těchto důvodů bylo zvoleno rozmezí 46° - 54° severní šířky a 5° - 25° východní délky.¹ Toto území bychom mohli nazvat střední Evropou.



Obrázek 3 Vymezení zeměpisné polohy, autor: Štěpán Lajda

Hlavní inspirační zdroje, publikace či články použité v práci jsou z Německa, Švýcarska či Rakouska. Zmíněné státy jsou z hlediska studované problematiky i vlastních realizací výrazně dále, než je tomu v ČR. Jejich

¹ ČR se rozkládá na území 48° 33' - 51° 03' severní šířky a 12° 06' - 18° 52' východní délky

zeměpisná poloha je blízká poloze ČR a základní principy tedy mohly být pro účely disertační práce převzaty.

AKTUÁLNOST INFORMACÍ

Jsem si plně vědom, že daná problematika je v poslední době ve velkém rozvoji. Mění se velikosti, povrchy, barevnosti, zlepšují se efektivity, estetické vlastnosti i možnosti integrace do stavebních konstrukcí. Je tedy velmi složité udržet vysokou aktuálnost této práce do budoucích let bez případných revizí. Věřím však, že základní principy návrhu budou stále aktuální a případné doplnění nového typu či zaktualizování vlastností prvků neohrozí primární myšlenku a přínos práce.

TECHNICKÁ PODROBNOST

Jednotlivé možnosti současných aktivních slunečních systémů jsou podrobně probrány v kapitole č. 3. Záměrně je volen vyšší technický detail, jelikož v určité míře ovlivňuje také estetickou stránku. Jsem přesvědčen, že pouze detailní studium problematiky může vést ke kvalifikovaným a vhodným aplikacím.

2 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

2.1 OD HISTORIE AŽ PO SOUČASNOST

TROCHA HISTORIE

- fotovoltaika

Alexandre Edmond Becquerel je považován za objevitele fotovoltaického jevu. Objev se datuje roku 1839. Dalším důležitým datem je rok 1877, kdy byl zmíněný jev objeven na selenu. Objeviteli byli W. G. Adams a R. E. Day. O šest let později byl Charlesem Frittsem sestrojen první selenový článek s tenkou vrstvou zlata, který vykazoval účinnost méně než 1 %. V roce 1904 fotovoltaický jev fyzikálně popsal Albert Einstein a v roce 1921 mu byla za práci pro rozvoj teoretické fyziky (zejména objev zákona fotoelektrického efektu) udělena Nobelova cena. Z hlediska pozdějších aplikací je důležitým datem 1918, kdy byl objeven růst monokrystalu křemíku. Ten se připisuje polskému vědci Czochralskému. Křemík se od této doby začal jevit jako nejvhodnější materiál. Russell Ohl z USA je od roku 1941 považován za vynálezce křemíkového FV článku. Patent na „převaděč solární energie“ však nakonec dostali D. M. Chapin, C. S. Fuller a G. L. Pearson, a to v roce 1954. Ti předvedli křemíkové solární články s 4,5 % a později s 6 % účinností. Výrazný rozvoj FV systémů je v šedesátých letech díky kosmickému výzkumu. Další velký výzkum a posun problematiky přeměny solární energie na elektřinu nastartovala v roce 1974 celosvětová ropná krize. (1)

- fototermika

1891 byl v USA poprvé patentován plochý solární kolektor. Patent obdržel Clarenc M. Kemp a svůj výrobek nazýval „aparát pro využití paprsků pro ohřev vody“. Dalším průkopníkem byl Charles Greeley Abbot, kterému byla roku 1930 v USA patentována vakuová solární trubice. Izraelský fyzik Harry Zvi Tabor roku 1955 vyvinul způsob, jak zvýšit účinnost tehdejších kolektorů. U absorberu využil spektrálně selektivní vrstvu², která se dodnes (až na výjimky) výhradně používá. Zavedení této vrstvy do komerčních produktů však trvalo

² kolem spektrálně selektivního povlaku je co nejúčinnější přeměna dopadajícího slunečního záření při minimálních tepelných ztrátách způsobené zpětným vyzářením. To je zajištěno zadržením infračerveného záření.

Zdroj: Brunold, S., et al., Accelerated life testing of solar absorber coatings: Testing procedure and results. Solar Energy, 2000. 68(4): p. 313 – 323

delší dobu. Například firmě Thermosolar to trvalo 25 let. Kolektory se spektrálně selektivní vrstvou se nazývají kolektory druhé generace. (2)

VYUŽITÍ AKTIVNÍCH SOLÁRNÍCH PRVKŮ V ARCHITEKTUŘE DO 70. LET 20. STOLETÍ

Z hlediska experimentování na poli solárních systémů byla největší aktivita nejprve zaznamenána v USA, konkrétně ve státě Massachusetts. Nejzajímavější pro budoucí vývoj problematiky byly především 30. a 40. léta 20. století. Ve 30. letech minulého století probíhal první vývoj solárního domu v USA. Za první aktivní solární dům se považuje MIT Solar House I z Cambridge, Massachusetts roku 1939, kde byly poprvé úspěšně využity ploché sluneční kolektory, které zajišťovaly vytápění stavby. Kotveny byly do střechy. (3 str. 9)



Obrázek 4 MIT Solar House I, Cambridge, Massachusetts, 1939.

Zdroj: <https://www.technologyreview.com/s/604079/the-first-us-house-to-go-solar/>

Dalším milníkem v cestě k úspěšnému užívání aktivních solárních systémů byl projekt z roku 1948 od architekta Eleanora Raymonda a energetické inženýrky Marie Telkes zvaný Dover Sun House (nebo též MIT Solar House IV), Dover, Massachusetts. Na jižní fasádě vrchního podlaží byla zrealizována první kolektorová fasáda (rozumějme ve vertikálním směru). (3 str. 9) Objekt je považován za první dům vytápěný pomocí solární energie. (4)



Obrázek 5 Dover Sun House, Dover, Massachusetts, 1948, Eleanor Raymond a Maria Telkes.
Zdroj: <https://www.bostonglobe.com/magazine/2019/03/20/were-human-guinea-pigs-strangest-house-dover/mxDe6r7xWHg3oMhUjDntPN/story.html>

Do poloviny 70. let 20. století bylo v USA pokračováno s experimenty v rámci využití sluneční energie v architektuře. V této době se projekty a zjištěné informace z výzkumů v Americe postupně dostávaly také do střední Evropy. Pro vývoj této tematiky v Německu (resp. ve střední Evropě) byla důležitá cesta inženýra Klause Danielse z roku 1975 do Ameriky, kde se seznámil s aktuálními možnostmi aktivního využití sluneční energie. (5) Následně se toto téma stalo pro německé inženýrství velmi aktuální, protože již dříve zde nebyly alternativy k fosilním palivům lhostejné. (3 str. 9)

80. LÉTA 20. STOLETÍ AŽ SOUČASNOST

Začátek 80. let byl z hlediska rozvoje tematiky ve střední Evropě poměrně úspěšný. V roce 1982 navrhl Thomas Herzog a Bernhard Schiling ve spolupráci s Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems rezidenční komplex v Mnichově, kde byly zakomponované trubkové kolektory, ale také fotovoltaické moduly, a to navíc na tehdejší dobu v poměrně zdařilém estetickém pojetí. V pozdějších 80. letech se němečtí architekti a inženýři soustředili spíše na využití pasivní solární energie. Aktivní prvky byly

využívány spíše zřídka, a to pouze v době, kdy se staly ekonomicky dostupnějšími. (3 str. 10)

90. léta 20. století již byla ve znamení běžnější integrace aktivních solárních systémů do budov. Zajímavým příkladem z této doby je obytná a administrativní budova z roku 1994, jejíž autorem je Rolf Disch. Budova je známá pod názvem Heliotrope. Navržena byla nadčasová technologie, ve které se PV pole na střeše otáčí za sluncem a získává tedy elektrickou energii velmi efektivně po celý den. Navíc je zde ve formě zábradlí použito množství trubcových vakuových kolektorů sloužících k ohřevu teplé vody a vytápění objektu. Objekt byl prvním domem na světě, který generoval více energie, než sám spotřeboval. (6)



Obrázek 6 Heliotrope, Freiburg, 1994, Rolf Disch Solar Architektur. Zdroj: <http://www.rolfdisch.de>

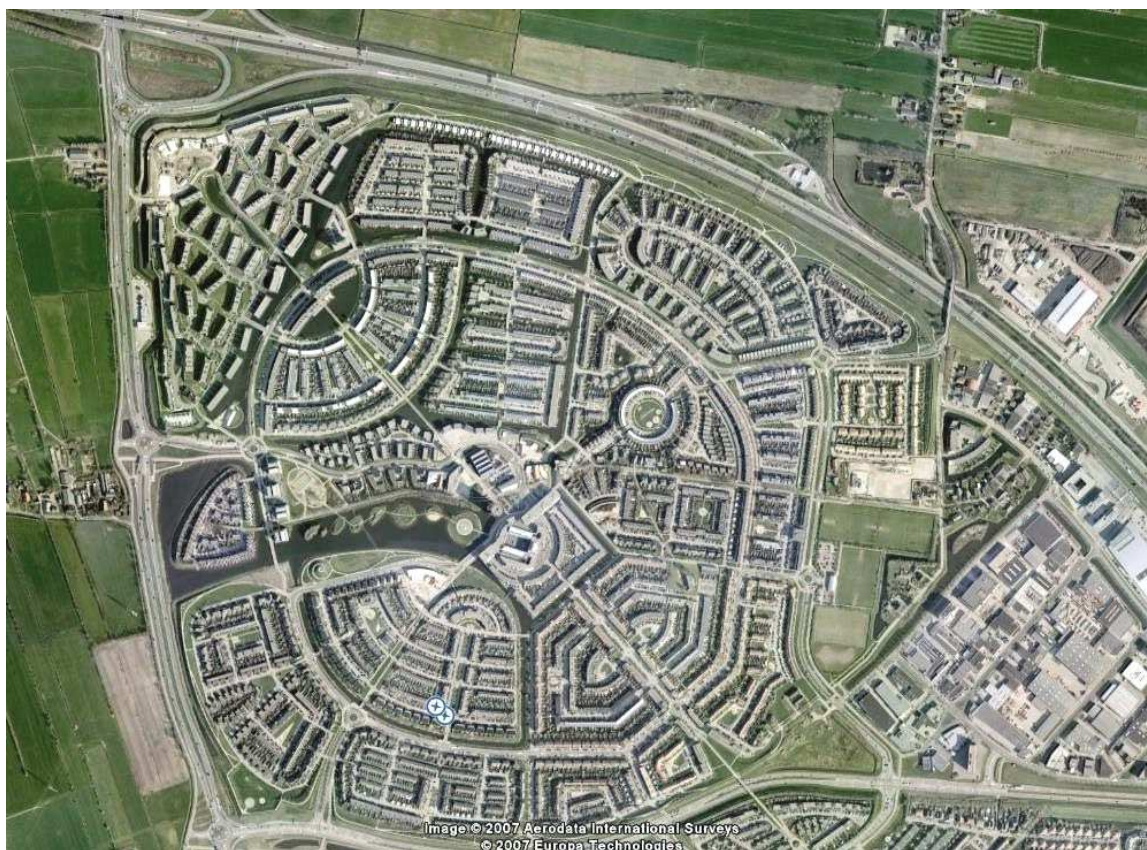
Významným projektem 90. le 20. století je také realizace výukového střediska v Mont-Cenis v Herne (Německo) z roku 1999. Na projektu se podílely ateliéry Jourda + Perraudin a HHS Planer + Architekten. Jedná se o jeden z prvních projektů, kde byly PV články použity samostatně na prosklené fasádě. Kromě generování elektrické energie slouží také jako stínící prvek.



Obrázek 7 Výukové středisko Mont – Cenis, Herne, Německo, 1999, Jourda + Perraudin a HHS Planer + Architekten
Zdroj: <https://www.archiweb.cz/en/b/vzdelavaci-akademie-herne>

Z hlediska vývoje problematiky stojí za zmínku projekt z roku 1999, kdy byl v holandském městě Amersfoort, respektive v jeho části Nieuwland, realizován obytný soubor primárně založený na použití FV panelů. V té době se jednalo o největší realizovaný projekt svého druhu. Skládá se z více než 500 rodinných domů a několika dalších objektů, jako jsou školy či sportovní areál. Investorem byla energetická společnost REMU (dnes Eneco). Celkový FV výkon je 1,35 MWp, což odpovídá přibližně 12 500 m² panelů. Solární systém generuje přibližně 1 GWh ročně, což je ekvivalentem elektrické spotřeby pro 300 domácností. Hlavním cílem projektu byla ilustrace dopadu využívání sluneční energie na okresní úrovni, redukce nákladů na elektrickou energii, poučení o různých formách vlastnictví a řízení FV zařízení a poučení o aspektech spojených s urbanistickým a architektonickým měřítkem. Na projektu pracovalo přes 10 architektonických kanceláří. Každá měla na starosti část území. Zadáním bylo využití alespoň 20 m² FV panelů na každém objektu. Povolená odchylka orientace modulů směrem k jihu byla 10 - 20 %.

(7) Z hlediska vývoje problematiky je to velmi zajímavý a v určitém smyslu průlomový příklad. Na druhou stranu z pohledu architekta tento projekt vyvolává spíše rozpaky. Osobně si nemyslím, že takovýto rozsah zpevněných ploch a množství FV panelů nám nějakým způsobem zhodnocuje veřejný prostor, a tedy i pobyt obyvatel této sídelní zástavby.



Obrázek 8 Nieuwland - Amersfoort. ortofoto mapa. Zdroj: <https://www.google.com/maps>



Obrázek 9 Nieuwland - Amersfoort, 1999. Zdroj: <https://earth911.com/>

Z první dekády druhého tisíciletí bych rád zmínil realizaci stadionu pro světové hry v roce 2009 od slavného japonského architekta Toyo Ito. Objekt se nachází ve městě Kaohsiung na Taiwanu. Střecha stadionu je pokryta 8 844 kusy FV panelů. Jedná se o největší solárně napájený stadion na světě. FV plocha 14 155 m² může teoreticky generovat až 1,14 GWh ročně. (8)



Obrázek 10 Stadion pro světové hry, Kaohsiung, Taiwan, 2009, Toyo Ito, Takenaka, RLA Kaohsiung Main Stadium Design Team. Zdroj: <https://inspiration.detail.de/stadion-in-kaohsiung-107369.html>

Na začátku druhého desetiletí druhého tisíciletí byly poprvé použity FV moduly s částečně průhlednými krystalickými články, které byly integrovány do trojsklem zasklených elementů o výšce 3-4 metry. Realizace byla provedena roku 2011 u budovy obecně známe jako "Energy Cube". Jedná se o veřejně prospěšnou budovu v německé Kostnici (Konstanz), kterou navrhl architekt Arnold Wild. (3 str. 18)



Obrázek 11 "Energy Cube", Veřejně prospěšný budova, Konstanz, 2011, Arnold Wild
Zdroj: Patrick Pfeiffer, Konstanz

Považuji za vhodné zmínit ještě zajímavé projekty z posledních dvou mezinárodních výstav EXPO. V italském Milanu byly firmou Armor představeny na německém pavilonu organické FV články, tedy články třetí generace. Byla představena jejich tenkost, flexibilita či způsoby aplikace. Na EXPO Dubai 2020 byla v rámci slovenského pavilonu představena Ecocapsule, energeticky soběstačná obytná buňka napájená pomocí FV pole umístěném na zakřivené střeše.



Obrázek 12 Německý pavilon na EXPO 2015 v italském Milanu, foto: Štěpán Lajda



Obrázek 13 Ecocapsule, zdroj: <https://www.ecocapsule.sk/>

Výše je zmíněn stručný souhrn realizací, které ze svého pohledu považuji za jakési milníky postupného vývoje užívání aktivních solárních systémů. Inspirativních příkladů by mohlo být ještě více.

2.2 LEGISLATIVA

ENERGETICKÁ POLITIKA EU

Na podobě energetické politiky se podílejí členské státy i samotná EU, přičemž její funkce je především koordinační. Přesto existují oblasti, ve kterých Evropský parlament (EP) a Rada EU může pro členské země schvalovat právně závaznou legislativu. Výbor pro průmysl, výzkum a energetiku (ITRE) je institucí, která se v rámci EP zabývá energetikou.

Hlavní zaměření energetické politiky EU je zřejmé z jejích předepsaných obecných zásad: *„K výzvam, jimž EU čelí v oblasti energetiky, patří rostoucí závislost na dovozu, nízká míra diverzifikace, vysoké a kolísavé ceny energie, rostoucí celosvětová poptávka po energii, bezpečnostní rizika postihující producentské a tranzitní země, rostoucí hrozby související se změnou klimatu, dekarbonizace, pomalý pokrok v oblasti energetické účinnosti, výzvy spojené s rostoucím podílem obnovitelných zdrojů energie a potřeba větší transparentnosti, integrace a propojenosti energetických trhů. Vlastní jádro energetické politiky EU tvoří různá opatření zaměřená na vytvoření integrovaného trhu s energií, zabezpečení dodávek energie a udržitelnost odvětví energetiky.“* (9)

Energetická doporučení či požadavky ke členským státům jsou ze strany EP a Rady EU vydávány především ve formě směrnic, které jsou překládány do jazyků členských zemí a následně zapracovávány do jejich legislativy.

- historicky významné směrnice či doporučení EU

SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2002/91/ES
ze dne 16. prosince 2002
o energetické náročnosti budov
(již neplatná)

Historicky první, od 31.12.2012 již neplatná, směrnice EP se zabývala komplexním hospodařením s energiemi v budovách. Stanovovala mimo jiné obecný rámec metody výpočtu celkové energetické náročnosti budovy (ENB) a jejích minimálních požadavků. Na základě této směrnice první průkazy energetické náročnosti budovy (PENB), které u nás blíže specifikovala vyhláška 148/2007 Sb. (10) Tato vyhláška byla zrušena 1.4.2013.

SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2010/31/EU
ze dne 19. května 2010
o energetické náročnosti budov

Jedná se o přepracování původní směrnice. V dokumentu se poprvé objevuje termín "budovy s téměř nulovou spotřebou" (nZEB), která byla v rámci EU poměrně diskutovaným pojmem. Formulované požadavky si spousta členských států vyložila po svém. (10) Předpis také vyjadřuje cíl snížit do roku 2020 oproti roku 1990 o 20 % emise skleníkových plynů, o 20 % snížit spotřebu energie Unie a na 20 % zvýšit podíl energie vyráběné z obnovitelných zdrojů. (10) Směrnice zmiňuje, aby byla u novostaveb mimo jiné posouzena možnost využití OZE. U budov, u kterých má probíhat rozsáhlejší rekonstrukce, je navrhováno snížit energetickou náročnost alespoň na úroveň minimálních doporučených požadavků, tedy pouze v případě, je-li to technicky, funkčně a ekonomicky možné. (11)

Článek 9 se zabývá budovami s téměř nulovou spotřebou energie (nZEB). Členské státy mají za úkol zajistit, aby veškeré budovy realizované od 31. prosince 2020 byly nZEB. Pro budovy vlastněné orgány státní správy byl tento požadavek nZEB platný ještě již o 2 roky dříve. (11)

DOPORUČENÍ KOMISE (EU) 2016/1318
ze dne 29. července 2016

o pokynech na podporu budov s téměř nulovou spotřebou energie a osvědčených postupů k zajištění, aby do roku 2020 byly všechny nové budovy budovami s téměř nulovou spotřebou energie

Směrnice se zabývá především doporučeními směřujícími budovám s téměř nulovou spotřebou energie, které byly prve zmíněny ve směrnici EP z roku 2010.

SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2018/844/EU
ze dne 30. května 2018
o energetické náročnosti budov

Požadavky nové směrnice jsou platné od roku 2020. Dlouhodobý cíl je zřejmý. Jedná se o další krok v postupném snižování spotřeby energií v budovách a

snižování emisí skleníkových plynů. Představa EU byla taková, aby v roce 2030 byla snížena produkce skleníkových plynů o 40% v porovnání s rokem 1990. Dále se zmiňuje doporučení renovovat 3% stávajících budov ročně, tak aby se staly nZEB. Vzhledem k faktu, kolik je však v ČR hodnotných historických budov, je potřeba brát v úvahu nejen nová technická řešení, ale také zachování kulturního dědictví. (10)

Zajímavým podnětem směrnice, který se může přímo týkat této disertační práce je podpora technologií v oblasti elektromobility. Směrnice pracuje s doporučením určitého poměru nabíjecích míst pro elektromobily, případně alespoň s jejich přípravou.

- **Zelená dohoda (Green deal)**

Jedná se o v poslední době nejdiskutovanější předpis, který se týká energetické politiky EU. Zelená dohoda vznikla překonání hrozeb pro Evropu, jako jsou změna klimatu a zhoršování životního prostředí. Hlavním mottem je učinit z Evropy první klimaticky neutrální kontinent. Do roku 2030 se má dosáhnout 55 % redukce nulových čistých emisí skleníkových plynů (porovnání vůči roku 1990) a do roku 2050 by se tyto emise dokonce měly dostat na nulu. Předpisy berou samozřejmě v potaz také obnovitelné zdroje energie a kladou si za cíl dosáhnout alespoň 40 % podílu do roku 2030. (12)

Jedná se tedy opět další posun podílu OZE v rámci energetické efektivity budov. Lze očekávat že každým dalším předpisem budou podobné tendence pokračovat. K tomu jistě přispěje i světová nestabilita energetických zdrojů na začátku roku 2022. Nejedná se jen o zvyšování nákladů na tyto energie, ale také nejistota jejich dodávek. Zvyšování podílu soběstačnosti bude jistě velkou motivací nejen pro EU.

ENERGETICKÁ POLITIKA ČR

Záměry EU se postupně propisují do českých právních předpisů a norem. Daná legislativa pro ČR se souhrnně označuje jako Státní energetická koncepce (SEK). Koncepce má za úkol jasně artikulovat priority a strategické záměry státu v rámci sektoru energetiky a poskytnout tak občanům, investorům a státní správě stabilitu v současném dynamickém období. Poslední aktualizace byla provedena 18. května 2015. (13) SEK má na starosti Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR. Aktualizace předpisu z roku 2015 by

měla být předložena v roce 2023, má zapracovat aktuální legislativní předpisy EU a měla by být platná až do roku 2050. (14)

V kontextu zaměření práce je energetická politika ČR definována zejména těmito předpisy:

- **Státní energetická koncepce**

Hlavní dokument, který by měl definovat základní směřování české energetiky. Česká energetická koncepce však dlouhodobě nestíhá reflektovat energetickou transformaci a stupňující se nároky Evropské unie.

- **Energetický zákon**

Zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů

- **Zákon o hospodaření energií**

Zákon č. 406/2000 Sb.

- **Zákon o podporovaných zdrojích energie**

Zákon č. 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů

- **Vyhláška o energetické náročnosti**

Vyhláška č. 264/2020 – stanovuje nové požadavky na nZEB a novelizuje tím původní Vyhlášku č. 78/2013 Sb.

DODATEK

Cílem této práce není věnovat nadměrný prostor detailnějšímu rozpisu obsahu výše zmíněných zákonů a vyhlášek, ale především ucelení základního souhrnu zdrojů, kterému je doporučováno věnovat pozornost při návrhu energeticky efektivních budov.

2.3 CERTIFIKACE BUDOV

Environmentální certifikace budov jsou ve své podstatě určitými auditovými objekty. (15) Především v komerční sféře je této certifikace často využíváno. Je-li budova nositelem vysokého hodnocení významného certifikátu, přináší jí to mimo energetická pozitiva také nemalou reklamu. V Německu či USA jsou tyto certifikace dokonce povinné pro všechny nové budovy financované z veřejného rozpočtu. (15)

CERTIFIKACE VE SVĚTĚ



Obrázek 14 Environmentální certifikační systémy ve světě (výběr). Zdroj: Sebastian El khouli

SOUHRN VÝZNAMNĚJŠÍCH CERTIFIKACÍ A JEJICH ZAKLÁDAJÍCÍCH STÁTŮ

- LEED (USA)
- BREEM (Velká Británie)
- DGNB (Německo)
- MINERGIE (Švýcarsko)
- HQE (Francie)
- CASBEE (Japonsko)
- GREEN STAR (Austrálie, Nový Zéland)

Různých certifikací je po světě opravdu mnoho. Nejznámějšími certifikačními pojmy jsou Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) a Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM). LEED je rozšířený především pro USA a s určitými úpravami také pro Kanadu, Jižní Ameriku, Spojené Arabské Emiráty či Indii. Snaží se směřovat k rozšiřování certifikátu na globální úroveň. Zatímco BREEAM byl charakteristický nejprve pro Velkou Británii a v roce 2008 se stal mezinárodní certifikací pro Evropu. Nyní se již využívá prakticky po celém světě. Oba zmíněné přední certifikační systémy se uplatňují i v ČR. V rámci práce je vybráno také několik realizací oceněných švýcarským systémem MINERGIE - P Eco Standard. (16 str. 26)



Obrázek 15 LEED a BREEAM - loga. Zdroj: <https://www.energio.es/certifications>

HLAVNÍ OBLASTI CERTIFIKACE

- spotřeba energií a zdrojů
- kvalita lokace stavby
- kvalita managementu stavebního procesu
- kvalita použitých materiálů
- kvalita vnitřního prostředí
- úroveň znečištění
- odpadové hospodářství (15)
-

U EXISTUJÍCÍCH STAVEB

- management budovy a operační náklady
- spotřeba energií a zdrojů
- produkce a nakládání s odpady
- kvalita vnitřního prostředí (15)

3 AKTIVNÍ SOLÁRNÍ SYSTÉMY

Kapitola se věnuje konkrétním systémům a jejich prvkům, které využívají slunečního záření k vygenerování elektrické energie či tepla, jež je možné dále zužitkovat v rámci objektu či souboru objektů. Považuji za vhodné zkraje této části zmínit základní rozdělení solárních systémů a zmínit tedy i pasivní systémy, které nejsou tématem této práce. Následně se dozvíme o jednotlivých typech FT a FV systémů a jejich vlastnostech, efektivitách, možnostech umístění či uložení přebytků vygenerovaných energií.

Jednotlivé aspekty konkrétních prvků jsou podrobněji probrány z hlediska technického. Záměrně je volen vyšší detail, jelikož v určité míře ovlivňuje také estetickou stránku. Různé vlastnosti systémů byly posuzovány také v kontextu architektonického konceptu domu či sídelního souboru. Každý typ prvku je obrazově doplněn také svou realizací. Pouze detailní studium problematiky může vést ke kvalifikovaným a vhodným aplikacím. Soupis prvků a jejich vlastností je jedním ze základních podkladů pro koncepční zásady v kapitole č. 6.



Obrázek 16 Bytový dům, Bennau, Švýcarsko, 2009, Grab Architekten
Použití integrovaných FV panelů na střeše a integrovaných FV kolektorů na fasádě
Zdroj: <https://www.solarpowereurope.org/2019/06/19/>

3.1 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ SOLÁRNÍCH SYSTÉMŮ

PASIVNÍ SOLÁRNÍ SYSTÉMY (přímé využití slunečního záření)

- Akumulační solární stěny (Trombeho stěna)
- Nezasklený solární vzduchový kolektor
- Energetická fasáda
- Dvojitě transparentní fasády
- Energetická střecha
- Transparentní tepelná izolace (17)

Pasivní využívání slunečního záření velmi výrazně ovlivňuje architektonickou, stavebně konstrukční i urbanistickou koncepci návrhu. Získávání energie ze slunečního záření se děje přirozeně, aniž bychom mu pomáhali nějakou technologií. Pasivní solární systém může být částí objektu, stejně tak však může fungovat i celá budova. Energetická efektivita pasivních solárních systémů je založena na selektivní propustnosti solárního záření transparentními materiály, na rozdílné pohltivosti krátkovlnného záření a na omezení emisivity dlouhovlnného záření stavebními povrchy. Následuje tepelně izolovaná akumulační vrstva, kde se získané teplo ukládá. U transparentních ploch se využívá především jižních či jihu blízkých orientací. Velmi úzce související kapitolou je problematika přehřívání vnitřních prostor v letním období, kterou je zapotřebí v rámci konceptu budovy také řešit. (17)

AKTIVNÍ SOLÁRNÍ SYSTÉMY (nepřímé využití slunečního záření)

- **Fototermické (FT) systémy**
přeměna slunečního záření na teplo
- **Fotovoltaické (FV) systémy**
přeměna slunečního záření na stejnosměrný proud
- **Systémy kombinující FT a FV**

Podrobnější členění a vlastnosti systémů jsou specifikovány v následujících kapitolách.

3.2 FOTOTERMICKÉ SYSTÉMY

Jedná se o systémy, které ze solární energie generují teplo. Jako teplotonosné médium fototermických kolektorů bývá využíváno vzduchu či kapaliny (voda, nemrznoucí směs vody a propylenglykolu). Vzduchové kolektory nejsou v místních podmínkách tolik využívány. Pokud se najde výjimka, jedná se především o přehřev čerstvého vzduchu pro větrání. (18)

Frekventovanější FT systémy ve stavebnictví využívají jako teplotonosnou látku kapalinu. U nejjednodušších systémů lze kolektorem ohřátou vodu přímo využít (např. bazény), většinou však oběhová kapalina předává své teplo ve výměníku. Následně ohřátá voda může být použita jako teplá užitková voda (TUV) nebo jako voda otopná. Záleží na efektivitě zvoleného prvku a následného množství vygenerovaného tepla. V případě využití otopného systému využívajícího vygenerované teplo ze solární energie je nutné dbát na snížení tepelné ztráty objektu, kterou se snažíme zmíněným FT systémem pokrýt.

Fototermické systémy obecně pracují s vyššími účinnostmi využití solární energie než systémy fotovoltaické. Obecně také pracují s jednoduššími principy uložení přebytků vygenerovaného tepla. V místních podmínkách jsou poměrně oblíbenými doplňkovými systémy pro ohřev vody. Počet objektů, které by FT systémy u nás využívaly pro plnohodnotné vytápění, tolik není. Věřím však, že právě zde může být velká budoucnost zmíněných systémů.

Následné dělení jednotlivých typů kolektorů přiblíží aktuální možnosti od těch nejjednodušších až po ty nejefektivnější, které na budovách jen těžko postřehneme. Nejběžnějšími typy kolektorů v celé Evropě jsou ploché atmosférické kolektory. Efektivnější vakuové kolektory se frekventovaněji využívají ve stavebnictví v Německu, Rakousku či Švýcarsku. Věřím však, že se tyto efektivnější kolektory i přes své vyšší náklady prosadí i na českém území. V rámci dělení jednotlivých typů kolektorů je vhodné zmínit ještě vzduchový kolektor, který však svými parametry, především teplotonosnou látkou, poněkud vybočuje z této tematiky. V rámci užšího zaměření si jej tedy dovoluji vynechat.

TYPY FOTOTERMICKÝCH KOLEKTORŮ

- plochý nekrytý kolektor

Zakrytí absorbéru zde zcela absentuje, což způsobuje velké tepelné ztráty. Ty jsou výrazně ovlivněny vnějším prostředím, především teplotou a případným větrem. Systém je to velmi jednoduchý. Očekávat může nízké výstupní teploty. Tento typ kolektorů je určen především pro sezónní ohřev a nejčastěji se uplatňuje v rámci dohřívání vody bazénů.



Obrázek 17 Plochý nekrytý kolektor ve formě UV odolné rohože

Zdroj: <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/154-typy-solarnich-kolektoru>



Obrázek 18 Plochý nekrytý kolektor pro vytápění bazénu

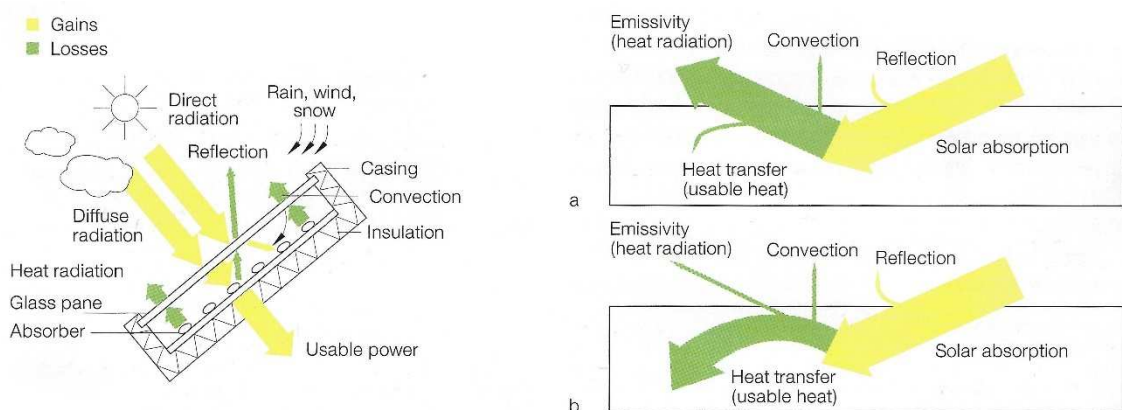
Zdroj: <https://www.sunfirstsolar.com/solar-pool-heating/attachment/solar-pool-heating/>

- plochý (atmosférický) kolektor

V rámci stavebnictví se jedná o nejběžnější typ kolektoru v celé Evropě. V zaskleném prostoru je atmosférický tlak. Absorbér se spektrálně selektivním povlakem udrží výrazně více tepla a do okolí odevzdá jen minimum. U neselektivního absorbéru je tomu naopak. Skleněný panel pomáhá minimalizovat tepelné ztráty. Získané teplo je pomocí přenosového média v potrubí napojeném na absorbér odvedeno. Významná redukce tepelných ztrát v rámci zadní části kolektoru je zajištěna izolační vrstvou pod absorbérem a z boku kolektoru. (3)

Tento typ kolektoru je vhodný především pro TUV či ohřívání bazénové vody. K dispozici je více možných velikostí. (19)

Ploché kolektory je velmi výhodné integrovat do fasády či střechy. V tomto případě je totiž možné využít mohutné vrstvy tepelné izolace, která je umístěná na nosné konstrukci stavby. Tím se samozřejmě výrazně snižují celkové tepelné ztráty u absorbéru. (3 str. 86)



Obrázek 19 Plochý atmosférický kolektor: funkční schéma a rozdíl mezi neselektivním (a) a selektivním (b) absorbérem

Zdroj 1: Manfred Hegger, Energie Atlas, Mnichov, 2007, str. 114, B 4.19

Zdroj 2: www.energiwelten.de: HEA – Fachgemeinschaft für effiziente Energieanwendung e.V., D - Berlin



Obrázek 20 Plochý atmosférický kolektor se selektivním absorbérem, zdroj: Termosolar



Obrázek 21 Delta Zero, Lugano, Švýcarsko, 2009, DeAngelis Mazza Architetti
Integrace plochého kolektoru do fasády
Zdroj: <http://www.bipv.ch/index.php/it/residenziale-s-it/item/621-deltazero>

- plochý vakuový kolektor

Vizuálně se od předešlého atmosférického typu tento kolektor výrazně neliší. Absorbér je rovněž opatřen selektivním povlakem. Odlišnost je v tlaku uvnitř těla kolektoru. Za zasklením je tlak nižší než tlak atmosférický (venkovního prostředí). Tím je zajištěna redukce tepelných ztrát. Aby byla konstrukce prvku stabilní a nehrozilo velké prohnutí či popraskání skla, je mezi zasklením a absorbérem použito množství rozpěrek. Ploché vakuové kolektory jsou určeny pro celoroční solární ohřev vody a vytápění, případně průmyslové aplikace s provozními teplotami okolo 100 °C. (18)



Obrázek 22 Plochý vakuový kolektor, zdroj: Termosolar

- **trubkový dvoustěnný vakuový kolektor**

Z hlediska velikosti plochy, která je ve světě v rámci solárních systémů použita, jsou trubkové kolektory v čele. (3 str. 52) Tomuto prvenství napomáhají především venkovní solární pole. Sestávají z trubkového spektrálně selektivního absorbéru vnořeného do skleněné trubice, přičemž v prostoru mezi trubicemi je tlak blízký se vakuu. (18) Tento systém zvyšuje efektivitu výkonu kolektoru. Tepelné ztráty jsou výrazně redukovány. Kolektory se používají především pro kombinované soustavy pro vytápění či průmyslové vysokoteplotní aplikace (provozní teploty nad 100 °C). (18)



Obrázek 23 Trubkový dvojitěnný vakuový kolektor s teplosměnnou lamelou, zdroj: OPC



- | | |
|------------------------|------------------|
| 1 Collector housing | 4 Collector pipe |
| 2 Evacuated glass tube | 5 Reflector |
| 3 Absorber | 6 Absorber pipe |

Obrázek 24 Konstrukce vakuového trubkového kolektoru

1 – rám kolektoru, 2 – vakuová trubice, 3 – absorbér, 4 – sběrné potrubí, 5 – odrazová plocha, 6 – absorpční trubice

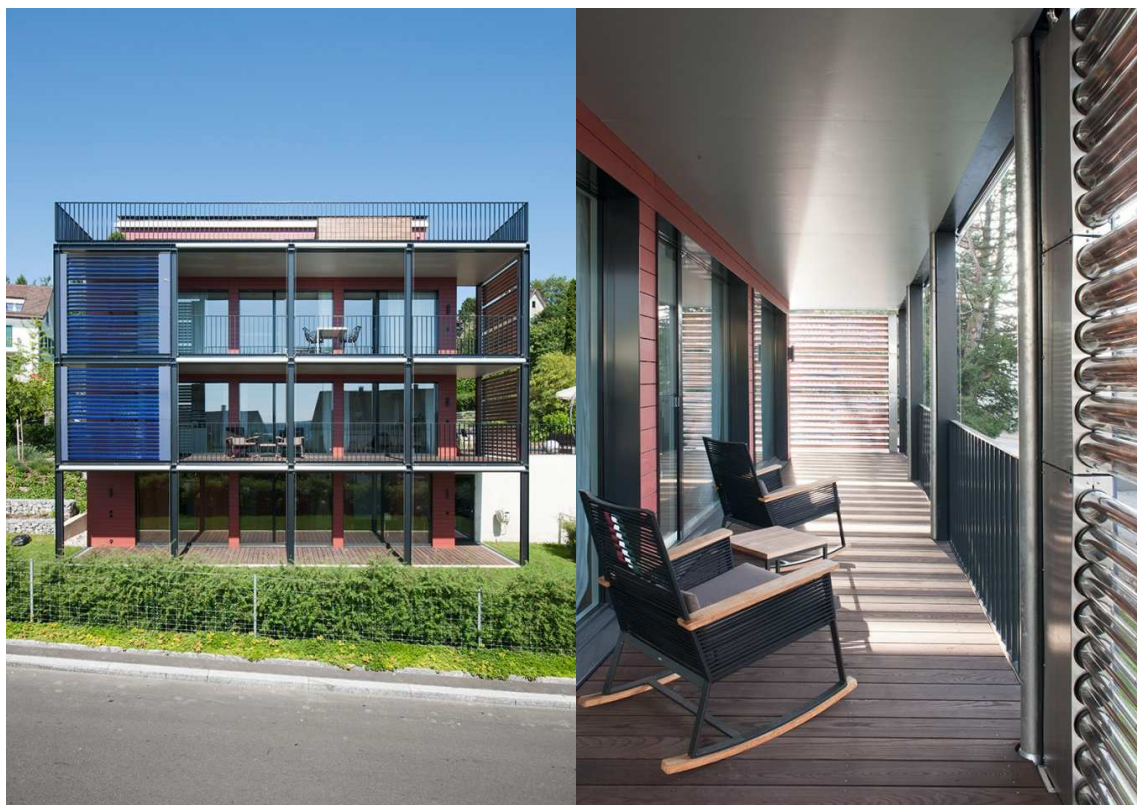
Zdroj: Roland Krippner: Building-Integrated Solar Technology, str. 53

- trubkový jednotěnný vakuový kolektor

Jedná se o velmi podobný typ kolektoru jako je dvojtěnný trubkový kolektor. Je zde rozdíl pouze v geometrii spektrálně selektivního absorbéru. Namísto trubice je zde použita rovná plocha. Hlavní izolační vrstvou je výplň trubice svými parametry se blíží vakuu. Existují také trubkové kolektory, kde je přenosovým médiem vzduch.



Obrázek 25 Trubkové jednotěnné vakuové kolektory: s přímo protékáním koncentrickým potrubím (vlevo), s tepelnou trubicí (vpravo), zdroj: Viessmann



Obrázek 26 RD Zürich - Höngg, Švýcarsko, 2011, kämpfen für architektur
 Využití trubkového vakuového kolektoru v rámci odclonění lodžie
 Zdroj: <https://www.kaempfen.com/projekte/122-neubauten/618-dreifamilienhaus-zuerich-hoengg-2011>

- **soustředující (koncentrační) kolektor**

Prvky mohou být stacionární, mohou však také zvyšovat svou efektivitu natáčením podle sluneční dráhy. V případě použití v rámci zastavěných lokalit může být kritickým faktorem případné oslnění kolemjdoucích či řidičů. Je nutné brát úvahu směr odražených paprsků od zrcadlových ploch kolektoru. V praxi se využívají především větší počty těchto prvků v rámci solárního pole. Ve stavebnictví se dané typy v menší míře také používají. Mohou být umístěny na fasádách i šikmých střeách. Specifickým prvkem konstrukce tohoto kolektoru je zakřivená plocha zrcadla, čočka nebo další optické prvky k usměrnění a soustředění přímého slunečního záření, procházejícího aperturou kolektoru, do ohniska (absorbéru) o výrazně menší ploše, než je vlastní plocha apertury. (18)



Obrázek 27 Parabolický koncentrační kolektor

Zdroj: <https://www.energy.gov/eere/solar/articles/skytrough-parabolic-solar-collector>

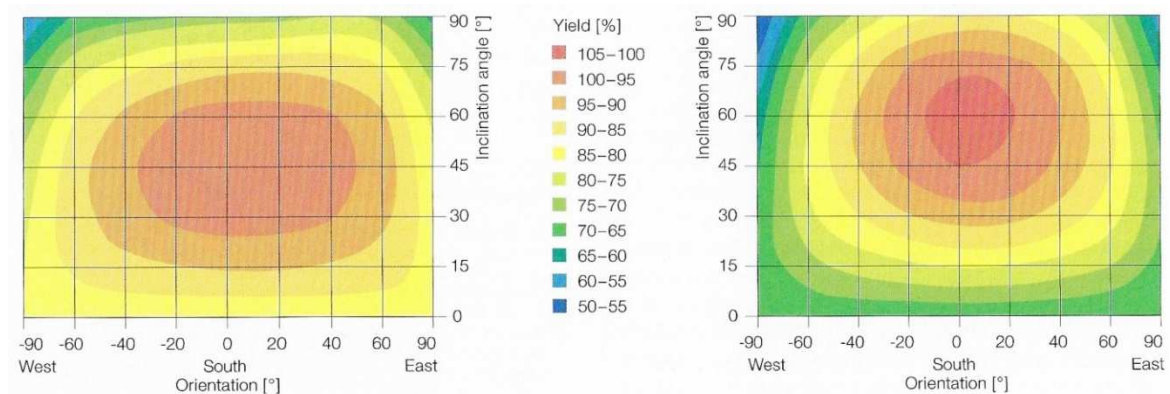


Obrázek 28 Parabolický koncentrační kolektor na střeše objektu

Zdroj: https://www.researchgate.net/figure/Solar-field-with-PTC1800-parabolic-trough-collectors_fig1_225022697

UMÍSTĚNÍ VŮČI SVĚTOVÝM STRANÁM

Z hlediska nejefektivnějšího umístění vůči světovým stranám (jih pod sklonem 35°- 40°) nemají FT kolektory tak přísné požadavky. Díky jejich principu fungování je jejich největší potenciál spíše na jihozápadní fasádě. Přeci jen teplou vodu využijeme především v pozdějších částech dne. Efektivita celého systému však záleží na spoustě okolnostech, které jsou přiblížené níže.



Obrázek 29 Roční energetické zisky dle DIN V 18599 pro různě umístěné solární kolektory - pro ohřev vody (vlevo) a pro ohřev vody a vytápění (vpravo). Zdroj: Claudia Hemmerle, data from DIN V 18599, část 5 a 8 (2011)

Z diagramů výše lze vyčíst efektivitu kolektorů vůči ohřevu TUV a kombinaci TUV a vytápění v závislosti na orientaci vůči světovým stranám a odklonu vůči vertikále.

UMÍSTĚNÍ V RÁMCI OBJEKTU

- **střecha**

Jedná se o historicky nejpoužívanější umístění. Nevytěsní-li nám FV pole FT kolektory na fasádu, stále se hojně využívá. Při vhodné orientaci (J-JZ) dosahujeme nejlepších výsledků. Především u méně šikmých střech je nutno zohlednit důkladnější údržbu (více nečistot + sníh) a únosnost nosné konstrukce.

- **fasáda**

Jedná se o nejvíce doporučované umístění. Vzhledem k faktu, že potřeba teplé vody je nejvyšší v pozdějších hodinách, navíc především v zimním období, kdy je slunce pod menším úhlem, není důvod se tedy obávat výraznějších ztrát maximálního výkonu. Navíc FT kolektory dosahují vyšší účinnosti i v případě dopadajícího difusního záření. V rámci integrace do fasády nebývá problém s dostatečnou izolací pod kolektorem. V případě

předsazené konstrukce lze doporučit vakuové trubicové kolektory, kdy lze trubicový absorbér natočit tak, aby stále využíval co nejefektivnějšího směru slunečních paprsků.

V případě rekonstrukcí je naopak výhodou fasádního osazení možnost umístění samostatné nosné konstrukce. Použití kolektorů na fasádu (namísto šikmé střechy) se často používá v místech, kde očekáváme vysokou intenzitu slunečních paprsků a zároveň máme omezenou velikost zásobníku. V této poloze totiž při dlouhých slunečních dnech je omezeno riziko možnosti přehřátí FT systému. V kontextu vysoké teploty je nutné zmínit také bezpečnost kolemjdoucích podél spodní části fasády, kde by se neměly používat kolektory s vysokou povrchovou teplotou.

- **stínící prvky**

Jedná se o různé markýzy, okenice, rolety či žaluzie. Z hlediska vlastního průzkumu si dovoluji tvrdit, že se tyto části stavby využívají pro FT kolektory méně. Frekventovanější jsou spíše u FV článků.

- **zábradlí**

Povětšinou se jedná o vertikální prvky. V případě potřeby průhledného řešení jsou opět velmi výhodné trubicové kolektory. Oproti využitím na plné fasádě se však jedná o bezpečnostní prvek, a proto je nutné v rámci konstrukce uvažovat také o pevnostních parametrech.

- **okna**

Jedná se o části stavby, které by měly stále zajišťovat dostatek světelné propustnosti. Proto nelze v tomto případě uvažovat o klasických plochých kolektorech. Snad jen s výjimkou trubicových kolektorů nebo plochých typů s částečně propustným absorbérem. V rámci rezidenčních staveb však umístění FT kolektorů v oknech nepovažuji za vhodné. Spíše se nabízí zvážení využití pasivních zisků tepla.

DALŠÍ PARAMETRY A VLIVY NA FV

- **stínění**

Oproti FV panelům mají FT kolektory menší úbytek účinnosti vlivem přistínění jejich plochy. I z toho důvodu je možné s nimi na fasádě či střeše objektu pracovat flexibilněji.

- **zohlednění ročního období a denní doby**

Návrh FT systému je komplexní záležitostí. Systém, který na vrcholu generuje nejvíce tepla, nemusí být tím nejužitečnějším. Při návrhu je vhodné zohledňovat nejen efektivní orientaci prvků vůči jihu, ale zvažovat také celoroční potřebu, která se během roku (především pro solární kolektory určené pro vytápění) může zásadně měnit. Z toho důvodu může být pro vyváženost zisků během celého roku výhodnější umístění FT kolektorů na JZ fasádu. Důvodem je vyšší spotřeba teplé vody v pozdějším čase v rámci dne a především efektivnější pozice vůči slunci, pokud nám kolektory slouží také k vytápění. Toto oceníme především v zimním období. Přesto, že u instalace solárního systému může nastat redukce maximálního výkonu oproti ideálnímu sklonu vůči jihu, v rámci celoročního cyklu budovy je toto řešení užitečnější. (3 str. 75)

- **odolnost vůči vnějším vlivům**

V tomto ohledu je zapotřebí zmínit především mechanickou odolnost (např. vůči krupobití), dostatečné kotvení (vůči větru) a také dilatační schopnost panelů. Vzhledem k tmavému zbarvení FT kolektorů očekáváme projevení tepelné roztažnosti.

- **požadavky na údržbu**

FT kolektory mají menší senzitivitu vůči nežádoucím vlivům (zastínění, zašpinění) v porovnání s FV panely. I tak je samozřejmě vhodné je čistit a zajistit tedy jejich dostupnost. V zimě je potřeba si dát pozor na napadaný sníh. I z tohoto hlediska je tedy praktičtější umístění na fasádě. Pokud kolektory umístíme na střechu, pomůže nám větší sklon a umístění kolektorů v řadě nad sebou.

- **hmotnost**

Omezení hmotnosti můžeme řešit především u rekonstrukcí. U novostavby si s tím jistě dokážeme poradit. Je možné využívat primární schopnosti nosných stěn a střech. Případně jsme schopni zajistit i samostatně nosnou konstrukci nezatěžující nosné konstrukce objektu. Oproti FV systémům nemáme v tomto odvětví nějaká vyloženě lehká řešení.

- **bezpečnost**

Nutno zohlednit nejen efektivitu, ale také praktičnost umístění. Je zapotřebí dát pozor na lehce dostupná místa. Při vysokých teplotách hrozí popálení. Často jsou také vynechávána v případě fasád místa v dosahu kolemjdoucích z důvodu rizika poškození kolektoru či zranění člověka. (3 str. 87)

- **izolační schopnost**

Účinnost FT systému nezávisí pouze na efektivitě konkrétního kolektoru, ale i na případné tepelné ztrátě, než vygenerované teplo dokážeme plně zužít. Kromě vlastního tělesa kolektoru můžeme teplo trazit také po cestě mezi zdrojem a uskladněním či v rámci vlastního uskladnění. Z toho důvodu je především pro zimní období nutné dbát na kvalitní tepelnou izolaci potrubí teplotního média a zaizolování zásobníku.

ULOŽENÍ VYGENEROVANÉHO TEPLA

V případě aktuální potřeby teplé vody během dlouhého slunečního dne se jedná o ideální stav. Životní cyklus budovy však není jen o ideálech. Velmi často teplo potřebujeme i při horším počasí nebo během večera a noci. Občas je také větší momentální poptávka, než je systém schopen v kratším úseku generovat. Z těchto důvodů je nutné zajistit uložení získané tepelné energie pro budoucí postupný odběr. U fototermických systémů se zpravidla využívá princip zásobních nádrží. Z hlediska uložení 1 kWh energie je jednodušší a levnější skladovat teplo než elektrickou energii. (3 str. 55)

- **zásobní nádrž**

Zpravidla se jedná o vertikální dobře zaizolovanou válcovou kovovou nádobu. Zásobník je využíván na TUV nebo na kombinaci TUV a vytápění. Po výšce je umístěno několik vývodů, aby se mohlo využívat vertikálního teplotního rozdělení vody. Ve spodní části je zásobník zahříván pomocí výměníku FT systému a ve střední části je občas doplněn rezervní elektrickou spirálou. Další možností rezervního dohřevu je napojení na další zdroj energie (plynový kotel, elektrický kotel či tepelné čerpadlo). Záleží, jakou má systém rezervu.

Zároveň je nutno brát ohled také na možné přehřátí systému. V systému může být velký přebytek tepla a na základě silného solárního záření kolektory generují další teplo. Pro tento případ musí být systémová čerpadla automaticky odstavena, aby se voda v zásobníku nedostala k bodu varu.

Pitná voda se nečerpá přímo ze zásobníku. Pro ni slouží menší vložená nádrž uvnitř hlavního zásobníku. (20 str. 233) V běžných zásobnících by se ohřátá voda neměla zdržet více než den (standardně raději ještě kratší dobu). Existují však také specifické zásobníky, které umožňují využít v zimě i teplou vodu získanou v letním období.³

³ Jedná se např. o Ackermannbogen, Mnichov, Německo; Drake Landing Solar Community, Okotoks

DIMENZOVÁNÍ FT SYSTÉMU

Reálnou zakázku je vhodné vždy konzultovat se specialistou od dodavatelské firmy. Nicméně věřím, že pro základní představu o řádových dimenzi níže uvedený jednoduchý propoččet postačí.

- **potřeba tepla pro vytápění**

Uvažujeme-li o pasivním energetickém standardu, potom by měl mít dům roční potřebu tepla na vytápění do 15 kWh/m² vytápěné plochy. Budeme-li mít tedy rodinný dům o 150 m² vytápěné plochy, budeme na vytápění potřebovat okolo 2 250 kWh za rok.

- **potřeba tepla pro TUV**

Dle dostupného propočtu⁴ lze dle ČSN 06 0320 uvažovat se spotřebou tepla pro ohřev TUV pro čtyřčlennou rodinu 22,32 kWh za den. Za rok se tedy jedná přibližně o 8 150 kWh.

- **instalovaný výkon**

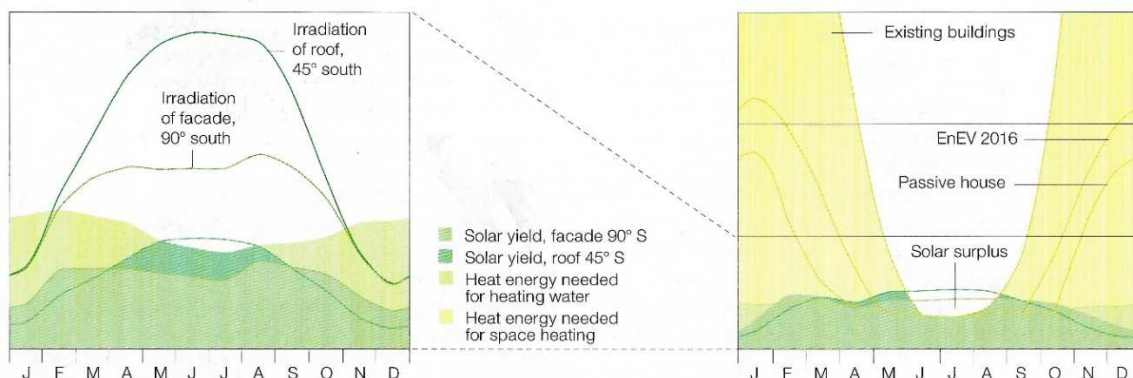
Pro orientační stanovení instalovaného výkonu si dovolím použít propočty od doc. Ing. Tomáše Matušky, Ph.D. U kvalitního plochého kolektoru počítejme v místních podmínkách cca 380 kWh/m² za rok (21)

- **výstup**

Na ohřev TUV tedy vychází $8\,150 / 380 = 21,5$ m² plochého FT kolektoru.

Na vytápění vychází $2\,250 / 380 = 6$ m² FT kolektoru.

Na ohřev TUV pro 1 osobu je potřeba 5,4 m² FT plochého kolektoru a zároveň 1 m² FT plochého kolektoru vytopí 25 m² vytápěné plochy domu.



Obrázek 30 Potřeba tepla pro TUV (vlevo) a TUV + vytápění (vpravo) a typické solární zisky ze střešních a fasádních kolektorů podle měsíců v roce, zdroj: Claudia Hammerle, D - Mnichov

⁴ dostupné na: <https://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/9395-potreba-tepla-pro-pripravu-teple-vody>

3.3 FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY

Fotovoltaické systémy přeměňují energii slunečního záření na stejnosměrný proud. Do tenké polovodičové vrstvy, vlastní plochy diody, dopadne foton, který excituje některé z elektronů a takto vytvoření elektrický náboj je sběrnými vodiči z FV článků odvedený. Následně využíváme přímo získaný stejnosměrný proud, případně ho ukládáme nebo ho pomocí měniče můžeme přeměnit na střídavý proud, se kterým pracuje většina spotřebičů domácnosti. (20 str. 236) Elektrickou energii můžeme využít na veškeré procesy domu – osvětlení, spotřebiče, napájení prvků stínění, cirkulačních systémů (např. FT), chlazení, topení, ad.

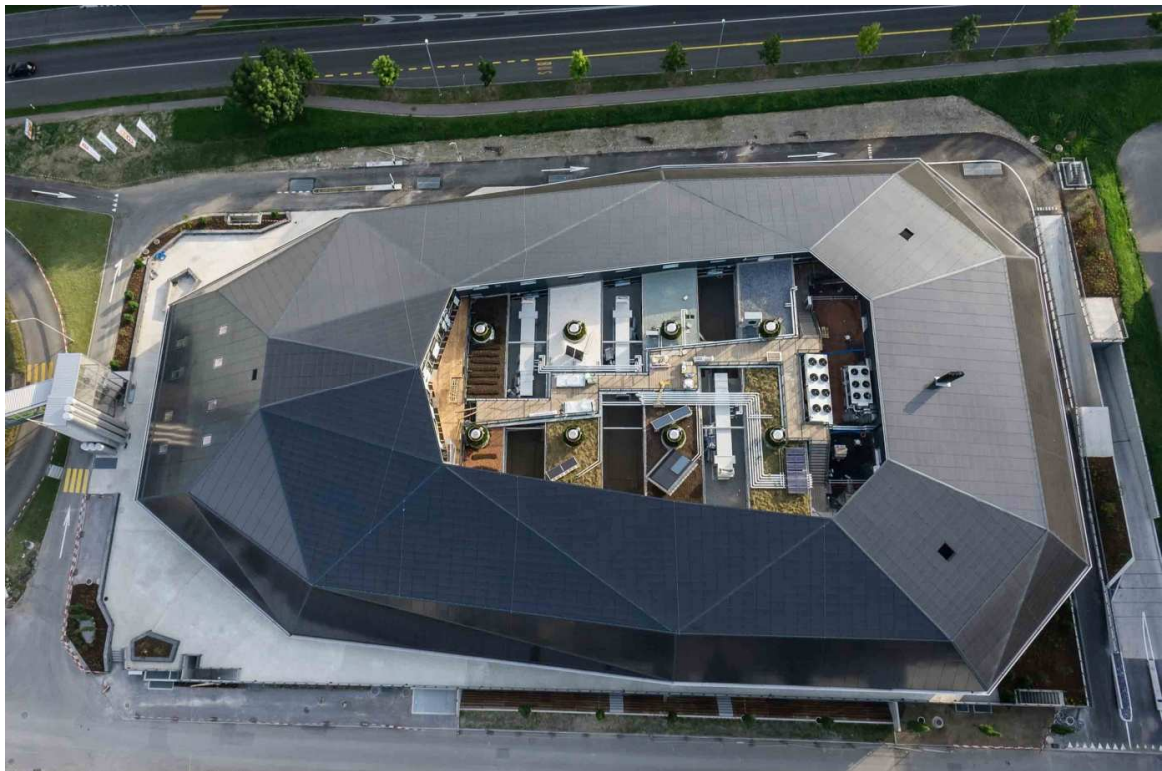
Účinnost využití energie slunečního záření je u FV systémů nižší, než je tomu u FT systémů. V rámci vývoje sledujeme 3 generace FV článků, které jsou níže specifikovány. Problematika FV článků stále prochází vývojem a z hlediska budoucího zkoumání budou jistě velmi zajímavé organické FV články. V současné době je možné sledovat spoustu zajímavých realizací. Již není tato problematika jen o posazení panelů na střechu, aniž bychom řešili jiné souvislosti než jen množství vygenerované elektrické energie. Jsme v době, kdy jsme schopni s těmito prvky pracovat plně architektonicky, a to nejen v rámci domu ale i veřejného prostoru.



Obrázek 31 Zastřešení veřejného prostoru s využitím FV, Komunitní centrum, Ludesch, Rakousko, 2005, Hermann Kaufmann

BUILDING-INTEGRATED PHOTOVOLTAICS (BIPV)

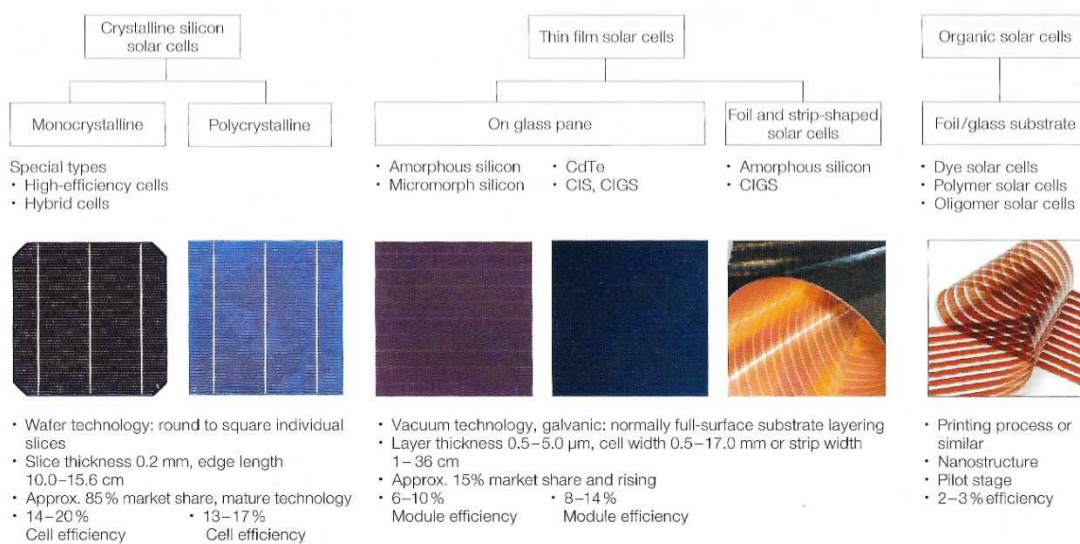
Velký zlom na architektonickém poli přišel s termínem BIPV (Building-Integrated Photovoltaics). Jedná se o přístup zohledňující systémovou, konstrukční a architektonickou integraci do objektu, například do střechy, fasád, zábradlí, stínění, oken či dalších částí budovy. Podstatný je fakt, že se již nejedná o nějaké dodatečné prvky či paralelní instalace, ale především u fasád a střech je pomocí PV panelů zcela nahrazena povrchová krytina, a to za udržení tepelně izolačního standardu a hydroizolační schopnosti. Je zřejmé, že plnohodnotné BIPV systémy lze aplikovat především do novostaveb. Nicméně i v přístupu u rekonstrukcí lze vnímat velký pokrok.



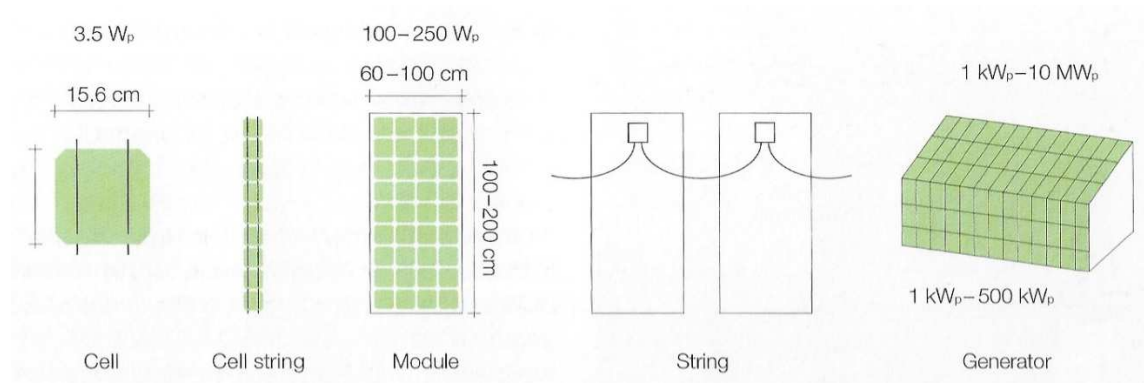
Obrázek 32 Umwelt Arena, Spretenbach, Švýcarsko, 2012, Rene Schmidt Architekten.
Použití monokrystalických křemíkových panelů v rámci střešní krytiny
Zdroj: <https://www.archdaily.com/285637/umwelt-arena-rene-schmid-architekten>

TYPY FOTOVOLTAICKÝCH ČLÁNKŮ

FV články můžeme rozdělit do třech generací – krystalické křemíkové, tenkovrstvé a organické. Liší se barevností, povrchem, strukturou, efektivitou, váhou, průhledností, cenou a životností. Klasické křemíkové články spojujeme do pruhů či panelů a následně do celých polí.



Obrázek 33 Typologie a charakteristiky třech generací solárních článků. Zdroj: Foto1-4: Technische Universität Dresden, Stefan Unnewehr; Foto 5: Odersun AG, Frankfurt/ O.; Foto 6: Konarka Technologie, Inc/Foto: Christopher Harting



Obrázek 34 Jednotlivé složky FV pole

Zdroj: Bernhard Weller; Claudia Hemmerle; Sven Jakubetz; Stefan Unnewehr: Photovoltaik, Mnichov, 2009, str. 11

- monokrystalické křemíkové články

Jedná se o velmi tmavě modré až černé čtvercové články se zkosenými hranami. Velikost jednotlivých článků se pohybuje v rozmezí 12,5 - 15 cm. Efektivita těchto článků je na trhu nejvyšší a pohybuje se většinou v rozmezí 18 - 22 %. (22) Nejvyšší dohledaná účinnost monokrystalických článků se blížila 23 % (N-Type IBC). (23)



Obrázek 35 Daycare centre, Marburg, Německo, 2014, Opus Architekten
Použití křemíkových monokrystalických článků – 81 m² na fasádě + 304 m² na střeše
Zdroj: <https://www.solarpowereurope.org/2019/06/19/>



Obrázek 36 Solar Academy, Niestetal, Německo, 2010, HHS Architekten
Použití monokrystalických křemíkových článků přímo na oknech budovy – 310 m² fasády
Zdroj: <https://www.hhs.ag/projects.html?projekt=solar-academy&typologie=>

- polykrystalické křemíkové články

Polykrystalické články jsou charakteristické svými třpytivými odlesky modré barvy. Velikostně se pohybují podobně jako monokrystalické články, konkrétně v rozmezí 10 – 15,6 cm. Výrobně se jedná o ekonomičtější variantu oproti předešlému typu. Efektivita prvků je však o něco nižší a většinou se pohybuje do 17 %. V současné době tyto články dominují trhu. Polykrystalické a monokrystalické články v současnosti ovládají okolo 90 % trhu. (22)



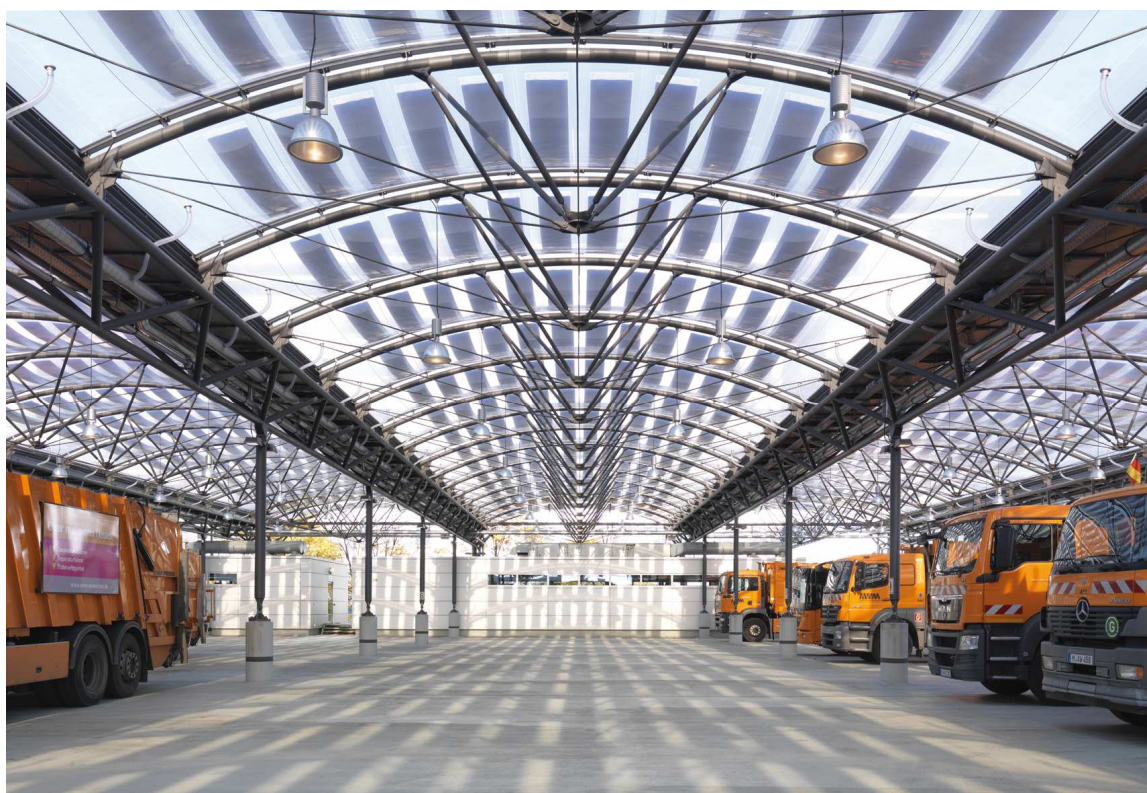
Obrázek 37 Green Dot Animo Leadership High School, Los Angeles, USA, 2013, Brooks + Scarpa Architects

Použití 650 ks panelů z polykrystalických křemíkových článků na fasádním poli budovy

Zdroj: <https://architizer.com/blog/inspiration/collections/photovoltaic-facades/>

- **tenkovrstvé foliové články**

Tenkovrstvé články se začaly rozvíjet v první dekádě 20. století. Jedná se o tzv. druhou generaci FV článků. Hlavním důvodem byl větší tlak na výrobní náklady. Články se většinou dodávají v pruzích. Výhodou článků je nižší citlivost na přehřátý povrch článku a také menší ubytok ztrát účinnosti při zastínění povrchu. Jako architekti určitě oceníme velkou flexibilitu z hlediska tvarování, možnost určité průhlednosti článků či barevné tónování. Integrace prvků do fasád či střech je v tomto případě jednodušší. Je však nutné doplnit, že jsou tyto možnosti vykoupeny sníženou efektivitou (do 14 %), která se navíc během stárnutí článků ještě snižuje. (3 str. 32)



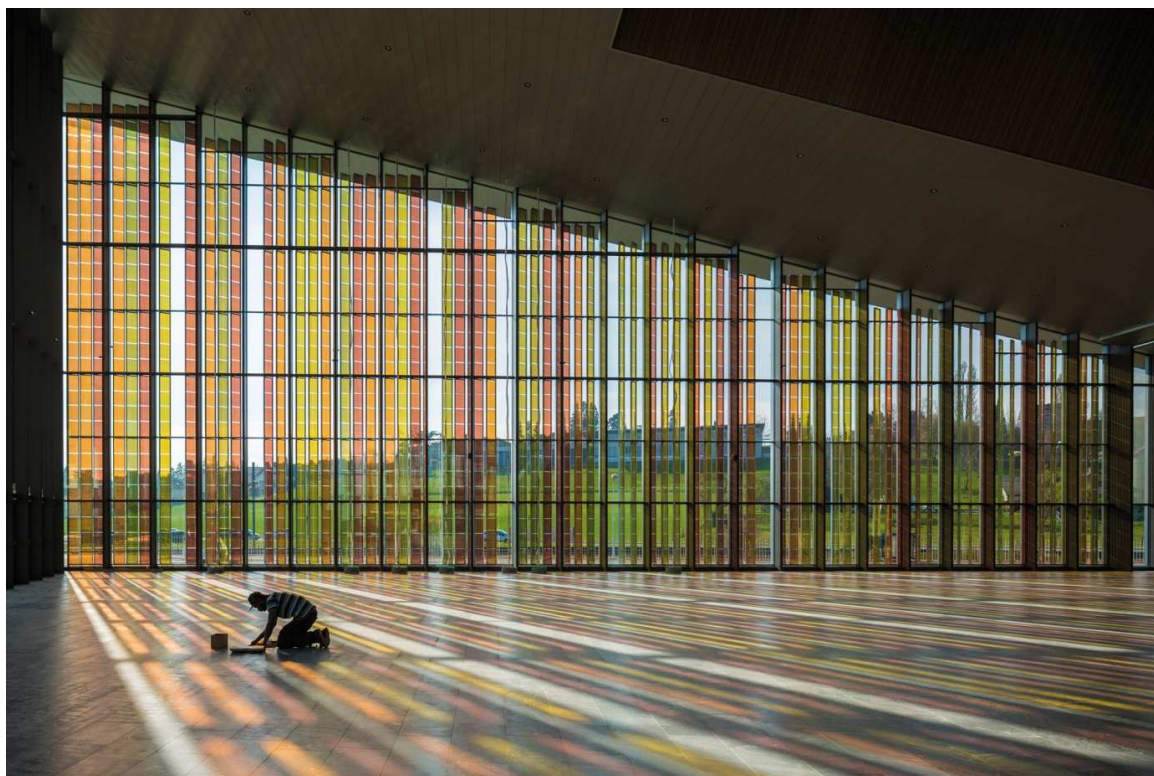
Obrázek 38 Parkoviště Oddělení odpadového hospodářství v Mnichově, Německo, 2011, Ackermann Architekten

Tenkovrstvých foliových článků aplikované na ETFE polštářích

Zdroj: <https://www.detail.de/artikel/architekturpreis-gebaeudeintegrierte-solartechnik-ausgelobt-30077/>

- tenkovrstvé články na skleněném podkladu

Stále se jedná o druhou generaci FV článků, které se již modulárně uzpůsobují do formy panelů – skleněných orámovaných segmentů.

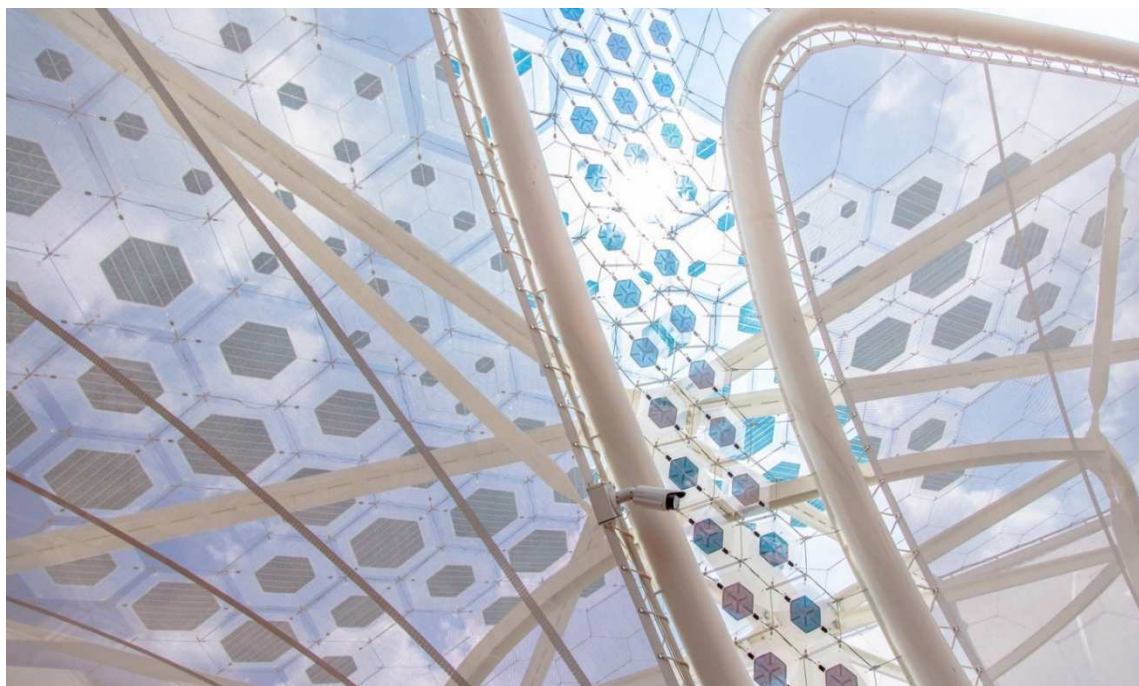


Obrázek 39 Convention centre, Lausanne, Švýcarsko, 2014, Richter Dahl Rocha & Associés.
Použití barevných elektrochemických tenkovrstvých článků na skleněném podkladu (lem z hliníkového rámu) - 280 m² fasády
Zdroj: https://www.researchgate.net/figure/Lausanne-Switzerland-SwissTech-Convention-Center_fig4_343344008

- **organické foliové články**

Jedná se o třetí generaci fotovoltaických článků známou pod zkratkou OPV (Organic photovoltaic). Označovány jsou za organické díky přítomnosti molekul obsahujících uhlík. Často jsou nazývané také tzv. plastovými PV články. Organická vrstva je na tenký nosič aplikována tiskem či nátěrem. Prozatím jsou tyto články v rozvoji, ale v budoucnu by se měly stát nejlevnější alternativou ke krystalickým křemičitým článkům. A to nejen díky vstupním materiálům, ale také díky jednoduchosti výroby. (22) Hlavní rozdíl oproti předešlým generacím je ve výrobě elektrického proudu. Organický solární článek absorbuje sluneční paprsky přes organické barvivo a extrahuje energii pomocí fotosyntézy, podobně jako používá rostlina chlorofyl. (3 str. 33)

Velkou výhodou článků je jejich váha, která je ze všech generací nejnižší. Běžně se pohybuje okolo 500 g/m², což je přibližně 40x méně než u krystalických článků. Důvodem jejich nízké váhy je jejich minimální tloušťka. OPV tedy v zásadě nepřitěžují (a neprodrazují) nosné konstrukce. Ve vývoji jsou poloprůhledné OPV články, které se dají aplikovat na skla oken. Můžeme je tedy velmi efektivně aplikovat v rámci prosklených administrativních budov, kdy nám pomáhají odfiltrovat část slunečního záření (redukuje přehřívání interiéru) a zároveň nám vyrábí elektřinu. Maximální účinnost komerčně prodávaných prvků se pohybuje okolo 10 %. Prozatím se však vývoj zabývá především udržení účinnosti během životního cyklu článku, což je prozatím velkou překážkou k většímu podílu na trhu. (22)



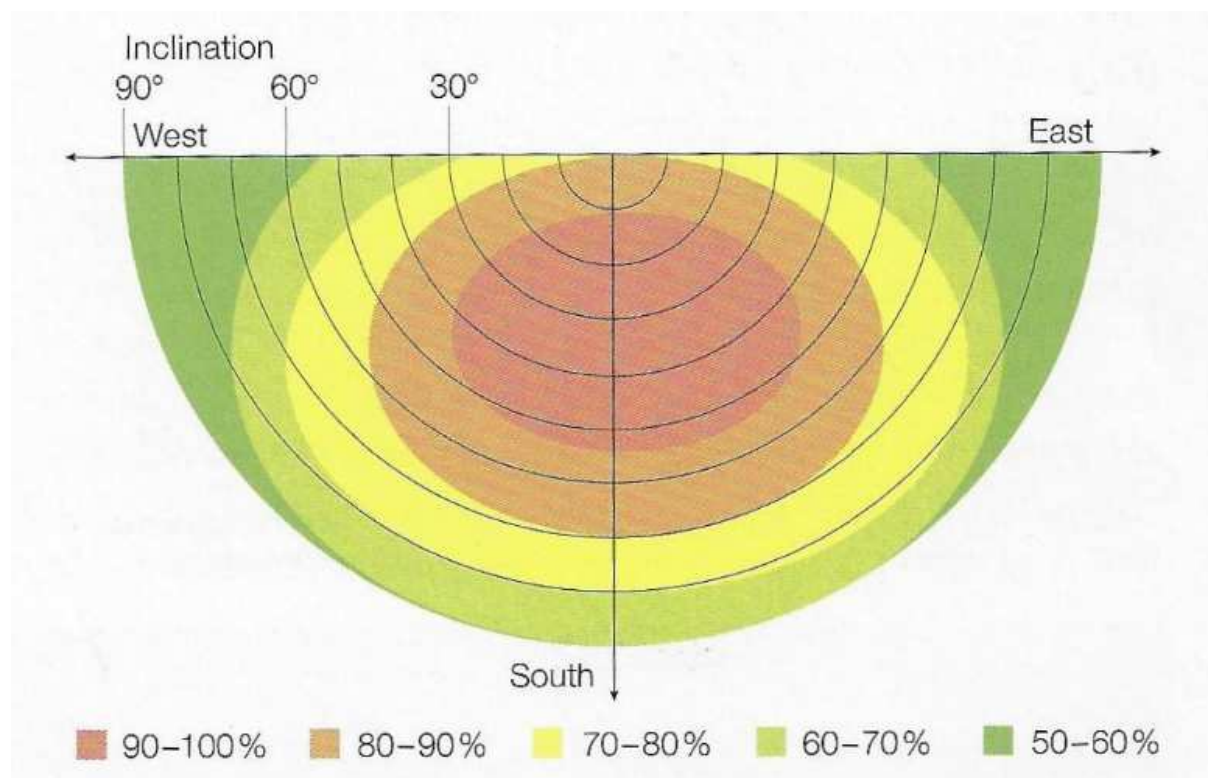
Obrázek 40 Detail Německého pavilonu na EXPO 2015, Milán, Itálie, 2015, Schmidhuber
Použití organických foliových článků

Zdroj: <https://www.archdaily.com/639156/germany-pavilion-nil-milan-expo-2015-schmidhuber>

UMÍSTĚNÍ VŮČI SVĚTOVÝM STRANÁM

V dříve vymezených zeměpisných polohách, v jejichž středu se nachází Česká republika je nejefektivnější FV panel natočen k jihu po úhlem přibližně 37°. Z níže přiloženého diagramu je však zřejmé, že přesná poloha není až tak zásadní. Budeme-li se pohybovat do 45° odklonu od jižní osy a budeme přitom zachovávat efektivní sklon panelu 35° - 40°, tak nebude úbytek efektivity větší než 10 %. Například při vodorovném umístění panelu (např. na ploché střeše) je možné stále generovat okolo 80 % potenciální maximální výroby. Pokud bychom záměrně volili nejméně výhodnou pozici severní fasády (tedy 90° sklon), bude systém generovat stále přibližně 30 % maxima. (3 str. 75)

Výše zmíněné efektivity však samozřejmě neberou v potaz další vlivy, které mohou účinnost systému snížit. Soupis dalších parametrů ovlivňující nejen efektivitu panelu je zmíněn níže.



Obrázek 41 Efektivita FV panelu na základě odklonu od jihu či změny naklonění. Zdroj: Gerd Becker

MOŽNOSTI UMÍSTĚNÍ V RÁMCI BUDOVY

- **střecha**

Nejčastější střešní instalace je paralelní. Plná integrace ji ještě nepředčila. Střešní sklon nám umožňuje dosahovat nejefektivnějších umístění vůči slunci, samozřejmě je-li orientace šikmé střechy alespoň přibližně k jihu. Vzhledem k menší citlivosti FV kolektorů k přistínění či horšímu natočení vůči jihu je střecha stále nejvyužívanější částí stavby pro FV panely.

- **fasáda**

Účinnost prvků je nižší, ale při správné orientaci vůči světovým stranám se nejedná o zásadní úbytky. Po vzoru FT kolektorů se i FV panely přesouvají na stěny. Efektivnosti nejsou výrazně snižované, pokud se zrovna nedostaneme na fasádu severní. Fasádní FV články nám přímo tvoří architektonický výraz budovy. Ve světě existují i objekty, které jsou pokryté FV panely celé (např. Rezidence pro 9 rodin Brütten. Švýcarsko, 2016, René Schmid Architekten). Výhoda umístění panelů na fasádu je znatelná především ve výše položených lokalitách, ve kterých si lze ušetřit starosti s odklizením sněhu z panelů.

- **stínící prvky**

Jedná se o různé markýzy, okenice, rolety či žaluzie. Rozdělit je můžeme na stacionární či pohyblivé. Zvláště u natáčecích prvků (žaluzie) můžeme opět o něco zlepšit efektivitu. Je možné použít také skleněné markýzy či zastřešení s použitím FV článků nejen pro produkci elektřiny, ale také zajištění přistínění.

- **zábradlí**

Povětšinou se jedná o vertikální prvky, na které je možné použít všechny generace FV článků. Nejpoužívanější jsou stále krystalické křemíkové články. Oproti využitím na plné fasádě se jedná o bezpečnostní prvek, a proto je nutné v rámci konstrukce uvažovat také o pevnostních parametrech.

- **okna**

Jedná se o části stavby, které by měly stále zajišťovat dostatek světelné propustnosti. Z toho důvodu je nutné zvážit vhodné typy, které nám nebudou hlavní funkci okenního otvoru příliš degradovat. Hlavní roli hraje tedy důraz na propustnost světla. U větších prosklených ploch, kde si můžeme dovolit vyšší úbytek světelné propustnosti, je možné využít monokrystalických článků aplikovaných přímo na sklo (viz. již zmíněná realizace Solar Academy, Niestetal). V případě vyšších nároků na světelnou propustnost je možné použít průhledné články, u kterých je však značně redukována jejich účinnost.

DALŠÍ PARAMETRY A VLIVY NA FV

- **stínění**

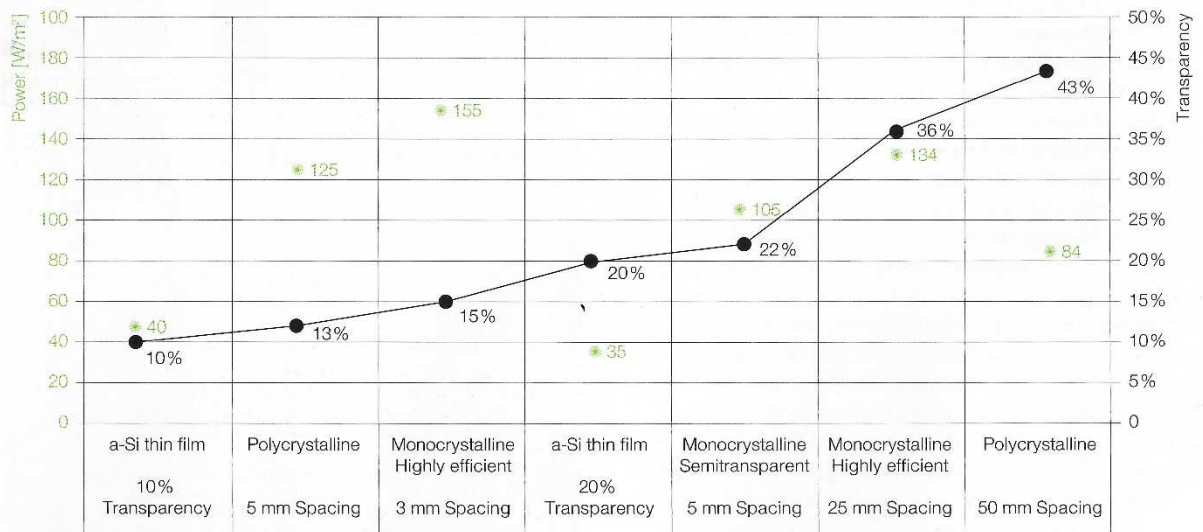
Oproti FT kolektorům mají FV panely větší úbytek účinnosti vlivem přistínění jejich plochy. Přistínění povrchu FV panelu může být způsobeno více okolními objekty, konfigurací terénu, stromy, částmi vlastní stavby, tedy i vedlejšími FV panely (nejsou-li plně integrovány do konstrukce stavby). Z hlediska urbanistické struktury je jistě vhodné dbát na zmíněné vlivy. Nemáme-li v určitých případech možno vyhnout se určitému přistínění, je možno zvážit alespoň články s menší citlivostí na zastínění. Ztráta účinnosti u tenkovrstvých FV článků druhé generace během zastínění prvku je pouze 10%, oproti přibližně 50% ztrátě u krystalických PV článků (24)

- **zohlednění ročního období a denní doby**

Na rozdíl od návrhu fototermického systému je elektřina z FV článků využívána během průběhu ročních období vyváženěji. Je pravdou, že potřeba množství elektrické energie bude v zimě stále převládat, přeci jen máme delší noci a kratší dny, na druhou stranu se rozdílu ve vygenerovaném množství tepla mezi zimním a letním obdobím jen těžko vyrovná. Určitý rozdíl však již bude mezi částmi jednotlivých dnů. Je důležité si uvědomit, že průměrná rodina spotřebuje nejvíce energie večer, následuje ráno a až poté denní doba. Pokud nemáme k dispozici dostatečně kapacitní bateriové úložiště, je vhodné uvažovat orientaci, která se bude obracet částečně k západu. Umístěním FV panelů vůči jihozápadu jistě nic nezkazíme.

- **průhlednost prvku**

Jako architekti se často snažíme co nejvíce propojit interiér s exteriérem. Pomineme-li výhody a nevýhody mimo téma práce, je zřejmé že si značně snižujeme plochu fasády k použití aktivních solárních systémů. I z toho hlediska lze vnímat potenciál ve vývoji transparentních či částečně transparentních FV článků. Z dříve zmíněných informací je zřejmé, že si průhledností redukuje účinnost článků, na druhou stranu nám mohou určité typy těchto článků (např. OPV) pomoci redukovat přehřívání vnitřních prostor pomocí zachycení určitého množství slunečního záření.



Obrázek 42 Vztah mezi průhledností a efektivitou různých typů FV článků, Zdroj: Ertex Solartechnik GmbH, Amstetten, Rakousko

- **vlastnosti povrchu**

Nežádoucí vlastností především vertikálně umístěných krystalických FV článků je produkce odlesků. Tento nežádoucí faktor je potřeba zohlednit v rámci umístění panelu na objektu, případně v urbanistické struktuře sídelního celku. Neměli bychom omezovat sousední objekty ani kolemjdoucí či automobilovou dopravu. Nejčastějšími jsou samozřejmě odlesky slunce. U vertikálně umístěných panelů se však můžeme setkat také s odlesky od světla automobilů či provozních světel vedlejších objektů.

- **integrace, estetika, flexibilita prvků**

Záměrně jsou voleny všechny vlastnosti pohromadě. Jsou si velmi blízké. Integrace prvků do objektu nahrazuje původní paralelní instalaci. PV panely nám nahrazují plášť budovy. Z konstrukčního hlediska tedy musíme stále udržet základní parametry konstrukcí objektu. Například u střechy nemůžeme narušit její tepelněizolační či hydroizolační schopnost. PV plášť také zajišťuje estetiku fasády. Můžeme řešit její tvar či barevnost. Je vhodné volit výběr článku nejen podle jejich efektivity ale také výrazu. U článků druhé či třetí generace můžeme využít jejich ohebnosti, barevné škály či průsvitnosti. V rámci historických center obcí je nutno hledět také na kulturní a památkové hodnoty. Zde se nám mohou hodit PV články integrované přímo do skládaných krytin.

- **teplota článků**

Díky faktu, že FV články jsou aktuálně schopny mít účinnost okolo 20 % z dopadajícího slunečního záření, je nutné počítat s poměrně velkým odpadním teplem (zbylých cca 80 % dopadajícího záření). Část tohoto nežádoucího tepla je vyzářena do okolního prostředí a část zahřívá FV články a zvyšuje tedy jejich teplotu. To negativně působí na jejich účinnost. Z tohoto důvodu je nutné zajistit chlazení článků pomocí odvětrání zadní strany panelu. Existují také realizace, které ke chlazení článků na fasádě přispívají umístěním zeleně pod panely.

- **odolnost vůči vnějším vlivům**

V tomto ohledu je zapotřebí zmínit především mechanickou odolnost (např. vůči krupobití), dostatečné kotvení (vůči větru) a také dilatační schopnost panelů. Vzhledem k (povětšinou) tmavému zbarvení FV článků očekáváme projevení tepelné roztažnosti.

- **požadavky na údržbu**

Prakticky řečeno: Čistý panel se rovná účinnějšímu panelu. Má-li tedy FV systém splňovat požadovanou účinnost, je zapotřebí zajistit jeho údržbu. V rámci čištění je nutno brát v potaz dostupnost. Zbavením prašnosti však údržba nekončí. V zimním období je nutné udržet panely bez zasněžení. Abychom se vyhnuli častému odklízení sněhu, můžeme uvažovat o vyšších sklonech střech či umístění na fasádu.

- **hmotnost**

Omezení hmotnosti můžeme řešit především u rekonstrukcí. U novostavby si s tím jistě dokáže poradit. Je možné využívat primární schopnosti nosných stěn a střech. Případně jsme schopni zajistit i samostatnou nosnou konstrukce nezatěžující nosné konstrukce objektu. To je frekventovanější pro panely na fasádách, pokud tedy nejsou integrované. Rozdílnost v hmotnosti jednotlivých článků je obrovská. Organický PV článek vychází jednotkově přibližně 40x lehčí než článek krystalický.

- **ekonomičnost**

Jedním aspektem ekonomičnosti je pořizovací investice a její návratnost. V tomto ohledu je opět vhodně si připomenout, jak se se mezi sebou jednotlivé generace FV prvků liší. Z hlediska vývoje organických FV článků lze očekávat snížení vstupních nákladů. Je však nutno podotknout i negativní aspekt redukce účinnosti článku. Pokud se navíc bavíme o celém systému včetně rozvodů a bateriového úložiště, podíl úspor tak závratný jistě nebude. Do celkové ekonomičnosti FV systému promlouvá také možnost odprodeje

do veřejné sítě. V začátcích FV systémů se u nás jednalo o velké lákadlo, které umožnilo rozvoj použití FV panelů nejen v České republice. Postupně byly odměny za předání elektřiny do sítě sníženy. Rád bych, aby se tato práce však věnovala především energetická (alespoň částečné) soběstačnosti staveb a tedy využití elektrické energie primárně pro vlastní potřebu.

BATERIOVÁ ÚLOŽIŠTĚ

Přímá spotřeba vygenerované elektrické energie je nejefektivnější a nejekonomičtější řešením. Již dříve však bylo zmíněno, že tento ideál není rozhodně pravidlem. Nejběžnějším řešením akumulace elektrické energie jsou bateriová úložiště. Volba baterie je dána několika ekonomickými aspekty, jako například prvotní investice, cena elektrické energie ze sítě či cena při odevzdání energie do sítě.

Chceme-li udržet alespoň nadpoloviční míru soběstačnosti (solar coverage), tak se bez bateriového úložiště neobejdeme. Vezmeme-li v úvahu průměrnou čtyřčlennou rodinu s FV polem o výkonu 5 kWp, zjistíme, že při použití baterie o 5 kWp se dostáváme na 60 % míru soběstačnosti, s 10 kWp to bude 70 %. Pokud by však baterii v systému dům vůbec neměl, míra soběstačnosti by nepřekročila 30 %. (3 str. 42)

Z hlediska nakládání s akumulovanou elektrickou energií rozdělujeme baterie na typy se síťovým a nesíťovým (ostrovním) řešením. Síťové řešení nám pomáhá optimalizovat kapacity baterie pomocí předání do veřejné distribuční sítě. U ostrovního systému dům není napojen na veřejnou síť, funguje jen na energii získané na místě. Přednostně se využívají obnovitelné zdroje, tedy i sluneční záření. V tomto systému se můžeme rozhodnout, zda ponechat stejnosměrný proud jako proud hlavní a na něj přizpůsobit spotřebiče. Typickým příkladem mohou být horské chaty či jejich soubory. (20 str. 238)

Z hlediska typu baterie máme tyto možnosti:

- **Olověné akumulátory (Lead Acid)**

Olověné baterie prověřily již mnoho desítek let jejich používání. Přesto, že je můžeme označit za již technologicky překonané, stále jsou oblíbené, a to především kvůli jejich nižším pořizovacím nákladům. Je však nutno počítat s několika nevýhodami. Významnou nevýhodou v porovnání s lithium iontovými bateriemi je jejich kratší životnost. Navíc není možné tento typ

baterií vybití pod 50 % jejich kapacity. Tím můžeme prakticky využívat jen polovinu jejich maximální kapacity. Baterie mají větší hmotnost a je nutné je dolévat elektrolytem, což omezuje komfort při údržbě. (25)

- **Lithium iontové baterie (Lithium ion)**

Tento typ baterií je znám pod zkratkou Li-ion. Z dlouhodobého hlediska se jedná o nejefektivnější možnost na trhu. Oproti svému staršímu typu olověných baterií již řeší předešlé nevýhody, tedy velikost, hmotnost, kapacitu, životnost. Maximální počet nabíjecích cyklů je při totožné velikosti baterie desetinásobně větší než u olověných baterií. Je však nutno počítat s vyššími pořizovacími náklady. Li-ion baterie se dají dále dělit dle chemického složení, toto dělení však vzhledem k zaměření práce nepovažuji za podstatné. U nově instalovaných FV systémů se jedná o nejpoužívanější bateriové úložiště. Li-ion baterie vyvíjejí a prodávají české společnosti AERS, GWL nebo ve světě aktuálně velmi populární americká Tesla. Pro představu lze 10 kW bateriové úložiště přiblížit velikosti domácí lednice. (26)

- **Průtokové baterie (Flow)**

Technologie používaná již řadu let, nicméně vhodná spíše pro velkokapacitní úložiště než úložiště domácí. Navíc pro PV systémy se začaly tyto baterie využívat teprve nedávno. Svou životností přesahují Li-ion baterie, nicméně efektivitu mají menší. Jsou také flexibilnější z hlediska návrhu své kapacity. Zvýšení se dá zařídit jednoduše přidáním elektrolytu. (25)

DALŠÍ MOŽNOSTI ULOŽENÍ ELEKTRICKÉ ENERGIE

- **ohřev vody**

Jedná se o jednoduchý a investičně nenáročný princip, jak využít nadbytek vygenerované elektrické energie. Elektrická energie nám pomáhá ohřát vodu v zásobníku na TUV či vytápění. Nemáme-li baterii pro akumulaci, tak nám pomáhá tento princip zvýšit poměr skutečně využité generované energie vůči veškeré vygenerované energii (tzv. self-consumption percentage). Výhodou je samozřejmě snížení nákladů na médium, které nám má vodu primárně ohřívat (např. plyn).

- **temperace prostorů**

Elektrinu můžeme využít také přímo do topných rohoží, které nám vytápí či alespoň temperují určité prostory. Pro tento případ je vhodnější průběžný odběr z PV systému. Aby mělo toto využití energie větší smysl, mělo by se jednat o velmi kvalitně zaizolovaný objekt s malými energetickými ztrátami.

- **nabití elektromobilu**

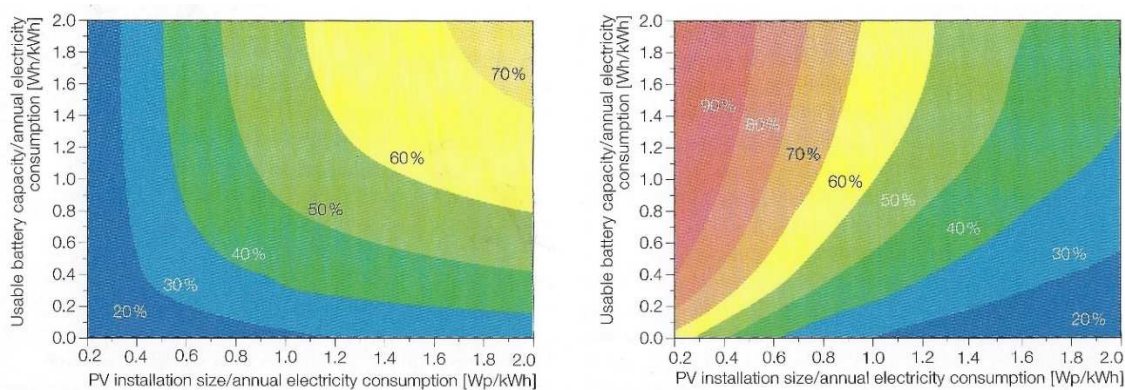
Jedná se o možnost uložení elektrické energie, která má jistě zajímavou budoucnost. Zásadní otázkou je budoucnost elektromobilů. Osobně si myslím, že jejich standardní využití v životě běžné rodiny je díky aktuálnímu využívání fosilních paliv nevyhnutelné. Tendence se začínají promítat i do evropské legislativy. Názory na tuto problematiku se vcelku liší. Osobně však v tomto směru budoucnost vidím. Zvláště v kontextu tématu disertační práce. Za jednu z hlavních nevýhod elektromobility je považována zvýšená momentální poptávka elektrické energie ve večerních hodinách, kdy se uživatelé vrací z práce do domovů. Tento problém může však elegantně řešit právě baterie elektromobilu, kterou nám může domácí bateriové úložiště nabít.

- **uložení do veřejné distribuční sítě**

V minulosti cena za výkup elektrické energie prakticky určovala, kolik FV se instalovalo. Často se jednalo o výraznější motivaci uživatele než nějaký podíl energetické soběstačnosti. Veřejná distribuční síť tedy může fungovat jako akumulátor. Tato praxe je stále zcela běžná. Ostrovní systémy jsou používány v menší míře. Od zavedení tohoto systému se již odměna, která byla zpočátku vyšší než odebíraná energie, snížila. Využití je však stále praktické. Pokud nechceme, aby nám po dobití baterie na 100 % své kapacity přišly přebytky elektřiny na zmar, můžeme je odevzdat do veřejné sítě. V českých podmínkách si ji nejrozšířenější dodavatel (ČEZ) odebere a v případě, kdy bude v našem systému naopak nedostatek energie, si ji můžeme vzít zpět. Odkup a prodej je aktuálně (k únoru 2022) za totožné podmínky. V praxi to tedy funguje podobně, jako bychom měli ve veřejné síti vzdálenou baterii. Tento systém lze případně aplikovat i napřímo z FV panelů bez využití bateriového úložiště.

DIMENZOVÁNÍ FV SYSTÉMU

Dimenzování systému je velmi komplexní záležitostí. Již v předešlé části bylo zmíněno, že pro (alespoň částečnou) energetickou soběstačnost domu nebude nejdůležitější maximální roční výnos, ale co nejefektivnější využití získané elektřiny. Do návrhu vstupují tyto aspekty: typ a efektivita článků, jejich plocha a orientace ke světovým stranám, velikost bateriového úložiště, velikost a načasování odběru elektřiny či možnost odběru chybějící energie z veřejné sítě. V rámci potřeby této práce bude dané téma zhodnoceno jen stručně, abychom se dostali alespoň k základní představě. V potaz je brána průměrná čtyřčlenná rodina.



Obrázek 43 Přibližný podíl soběstačnosti / solar coverage (vlevo) a využitelnosti vyrobené elektřiny / self-consumption percentage vůči kapacitě bateriového úložiště pro průměrnou domácnost, Zdroj: SMA Solar Technology AG, Niestetal, Německo

Tyto na pohled složité grafy nás mohou vcelku jednoduše nasměrovat k základní představě o dimenzi FV systému. Lze zde vyčíst základní vazbu mezi podílem instalovaného FV pole a roční spotřebou a podílem využitelné kapacity baterie a roční spotřebou. Grafy jsou platné pro roční spotřebu elektrické energie 2 500 – 7 500 kWh. Za roční průměrnou spotřebu elektrické energie lze považovat 4 000 kWh (KRIPPNER str. 41). Máme-li FV pole o maximálním výkonu 4 kWp a využitelnou kapacitu baterie 2 kWh, jsou očekávané hodnoty podílu soběstačnosti (solar coverage) 40 % a využitelnosti elektrické energie (self-consumption percentage) 50 %. V rámci výpočtu tedy považujeme za proměnné: výkon FV pole a využitelnou kapacitu baterie, což nám pomáhá definovat celý FV systém.

Solar cell material	Module efficiency	Required area for 1 kilowatt peak
Silicon high-efficiency cells Rear side contact, HIT	17–20 %	5–6 m ²
Monocrystalline silicon	11–17 %	6–9 m ²
Polycrystalline silicon	10–16 %	6–10 m ²
Thin film Copper indium diselenide (CIS)	7–14 %	7–12,5 m ²
Cadmium telluride (CdTe)	7–13 %	9–17 m ²
Micromorph silicon	7–12 %	8,5–15 m ²
Amorphous silicon	4–7 %	15–26 m ²

Obrázek 44 Účinnost a požadavky na plochu dle FV článků, zdroj: DGS Guidelines for Photovoltaic Installations, 2013

Pro představu o potřebných velikostech FV polí dle využití konkrétních článků poslouží výše zmíněná tabulka.

V českých podmínkách vyrobí 1 kWp panelů přibližně 1 000 kWh ročně.⁵

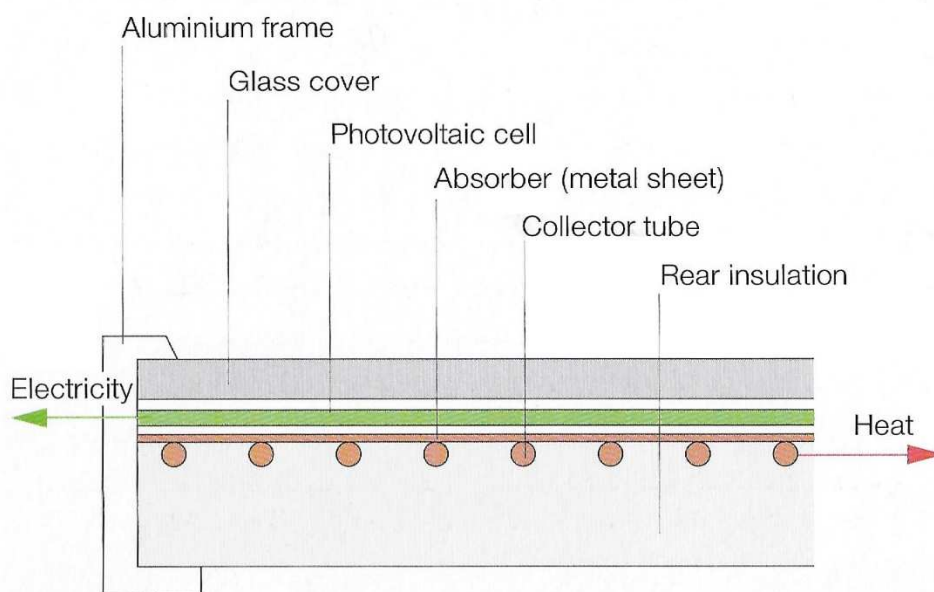
Při běžné spotřebě české domácnosti okolo 3 000 kWh za rok můžeme tedy z tabulky výše odečíst potřebu přibližně 25 m² monokrystalických článků.

⁵ dostupné na: <https://www.nazeleno.cz/kolik-elekriny-vyrobi-fotovoltaicke-panely/>

3.4 KOMBINOVANÉ SYSTÉMY FT A FV

Jedná se o systémy kombinující výhody obou systémů, které spolu fungují ve vzájemné symbióze. Někdy se pro ně používá označení FV/T kolektor. Systém je tvořen FV články, které jsou ve své podstatě chlazeny FT potrubím umístěným pod zahřívanou vrstvou FV panelu. Jak bylo již popsáno v předešlé kapitole, je zapotřebí si uvědomit, že v rámci přeměny energie slunečního záření na elektrický proud je produkováno velké množství zbytkového tepla. To nám zahřívá FV články a snižuje jejich účinnost. V rámci kombinovaných FT a FV systémů již ale nevyužíváme zadní odvětrání panelu. Naopak se snažíme zbytkové teplo smysluplně využívat. A k tomuto účelu je určen právě principu FT kolektoru. Díky efektivitě FV článků (okolo 20 %) je zřejmé, že i přes z části vyzářené teplo můžeme stále generovat vyšší produkci tepelné energie než elektrické. Zároveň je však jednotková celková účinnost tohoto hybridního prvku vyšší, než by tomu bylo u obou panelů zvlášť. (27 stránky 275-286)

U hybridních systémů se využívá principů plochého FT kolektoru aplikovaného za FV články s kvalitním vodivým kontaktem pro co nejefektivnější přenos tepla. Je možné využít zaskleného i nezaskleného řešení. Záleží na rozhodnutí, zda je pro nás prioritou elektrická či tepelná energie. Pokud bychom preferovali větší množství tepla, přirozeně využijeme zasklení. Na zadní stranu a z boku celého prvku opět používáme tepelnou izolaci. Po aplikaci se tyto prvky vizuálně neliší od FV panelů.



Obrázek 45 Schéma konstrukce FV/T kolektoru, zdroj: ISFH / BINE

4 ZÁKLADNÍ PARAMETRY SÍDELNÍ STRUKTURY

Podrobný průzkum sídelní struktury města či vesnice by mohl být dvěma samostatnými disertačními pracemi. Vzhledem k tématu mé práce bude tato kapitola stručně shrnovat základní poznatky, které mohou mít přímý vliv na aplikaci aktivních solárních systémů. Přístupy k návrhu sídelního celku se budou lišit dle vstupních podmínek. V rámci zkoumané problematiky považuji za vhodné připomenout základní rozdělení a charakteristiky.

VSTUPNÍ PODMÍNKY

- morfologie / konfigurace terénu

Jedná se o povětšinou neměnný fakt, který je nutno v návrhu respektovat. Složitější případy, nikoli tedy pouze rovina, jsou pro architekty velkými výzvami. Výsledný projekt potom může mít o to větší potenciál. V rámci terénu vnímáme jeho převýšení, sklon, orientaci ke světovým stranám či členitost. Terénní konfigurace může hrát velký vliv při návrhu aktivního solárního systému. V určitých případech nám může případné dlouhodobé zastínění výrazně snížit ziskovost celého systému.

- návaznost na původní zástavbu

Zde se jedná již o subjektivnější aspekt, který bychom jako architekti měli umět co nejlépe zohlednit. V rámci návrhu sídelního celku budeme rozlišovat, zda se nacházíme na vesnici či ve městě. Stejně tak se bude přístup lišit, pokud se bude jednat o okrajovou část nebo centrum sídla. Okrajové části nám dovolí větší flexibilitu umístění FV a FT prvků, než tomu bude například u historicky chráněného centra města.

- regulativy

V chráněné lokalitě, krajině či sídle se setkáme s regulací prostorového řešení staveb. Regulativy mohou ovlivnit: uliční či stavební čáru, výšku a podlažnost objektu, sklon střechy, orientace podélné osy objektu nebo jeho okapové hrany, vzdálenost od vedlejších objektů či hrany pozemku a půdorysnou velikost stavby. Na tato omezení jsme nuceni uzpůsobit náš návrh a je možné, že v určitých lokalitách nebude možné aktivní solární systémy použít na exponovaných místech.

- **hustota zastavění**

U stavebních či developerských záměrů s vyšší výtěžností pozemku je rozmyšlení umístění FV a FT prvků o něco složitější. Pro stanovení co nejpřesnějších ročních zisků tepla a elektřiny je nutné brát v úvahu možné zastínění určitých částí prvků. V rámci sídelního celku se sdílením energií však může být kompaktní hustší forma zástavby výhodou (menší ztráty při přenosu).

- **výšková hladina zástavby**

Výškovou hladinu lze definovat jako výšku staveb nad přilehlým terénem. Udávají ji výšky převládajících hřebenů či atik. Jedná se o důležité kompoziční hledisko sídla a má rozhodující vliv na jeho siluetu. (28) V našem případě má výšková hladina velký vliv na případné zastínění a je nutno ji zohlednit vůči odstupům objektů. Jako kritické období bude považována zima, kdy je slunečních paprsků nejméně, svítí pod nejmenším úhlem (delší stíny) a vygenerované energie potřebujeme během ročního období nejvíce.

TYPY SÍDELNÍ STRUKTURY

- uzavřená struktura



Obrázek 46 Centrum města Telč - uzavřená struktura

- otevřená izolovaná struktura



Obrázek 47 Praha Vokovice - otevřená izolovaná struktura

- otevřená rostoucí struktura



Obrázek 48 Popovice - otevřená rostoucí struktura

- drobná rozptýlená struktura



Obrázek 49 Zálepy - Ohrobec - drobná rozptýlená struktura

POSTUPNĚ ROSTOUCÍ ZÁSTAVBA, ČI UZAVŘENÁ SÍDELNÍ STRUKTURA

Rozrůstající se urbanistická zástavba s nízkou hustotou byla dominantním trendem v rámci urbanistického vývoje po 2. světové válce. Postupně rostoucí města byla však poměrně často kritizována, a to především z důvodů udržitelnosti výstavby. Zmiňovány byly pojmy jako spotřeba půdy, ve své podstatě neobnovitelného zdroje, či závislost na dopravě. Z tohoto důvodu se postupně začalo uvažovat o kompaktnější uzavřené zástavbě. Uzavřená zástavba s nemožností dalšího růstu byla také zdrojem kritiky, a to především z hlediska proveditelnosti, sociálních důsledků a jejich dopadů na životní prostředí. Problém uzavřené husté zástavby často tkví ve faktu, že si je mohou dovolit spíše dobře zajištěné menšiny. To může následně vést k sociální nerovnosti, což je z hlediska udržitelného vývoje samozřejmě velmi negativní aspekt. Vědecké studie ve Švýcarsku prokázaly, že mladé páry či mladé rodiny lákají domácnosti spíše v centru měst, kdežto věkově starší rodiny mají tendenci bydlet na předměstí. (29 stránky 115-136)

Pro účely disertační práce berme v úvahu především energetickou efektivitu budov a jejich souborů. Zástavba se může, ale také nemusí, prostorově vymezovat či ohraničovat. Jde především o koncept celého celku. Bude-li předmětem návrhu ostrovní systém umožňující sdílení energií, bude jistě jednodušší vše pojmout jako uzavřenou sídelní strukturu. Pokud se však bude jednat o projekt se soliterními objekty, které mají být samy o sobě soběstačné (případně částečně), není nutné je řešit v rámci uzavřené struktury.

APLIKACE SOLÁRNÍCH SYSTÉMŮ V KONTEXTU SÍDELNÍHO CELKU

Zástavba navrhovaného sídelního celku by měla vycházet z lokální morfologie terénu a respektovat okolní stavby (nejedná-li se záměrně o nějaký kontrastní solitér), případně dané regulativy místa. Zároveň bychom měli pomoci spoluvytvářet hodnotný veřejný prostor. O to více, jedná-li se o zástavbu umístěnou blíže centru sídla. Aplikace aktivních solárních systémů by vše výše měla respektovat.

Největší vliv využití aktivních solárních prvků v rámci sídelního útvaru je v rámci uspořádání jednotlivých objektů vzhledem k zastínění fasád či střech. Na druhou stranu bychom tento aspekt (minimálně tedy zastínění zmíněné fasády) řešili, i pokud bychom FT nebo FV prvky v sídelním celku nepoužívali. Tyto prvky nám však mohou značně ovlivnit orientaci objektu vůči nejefektivnějšímu směru slunečního záření. Z předešlé kapitoly je zřejmé, že velmi efektivní orientace podélného domu se sedlovou či pultovou střechou

je v ose V-Z či JV-SZ. V tomto případě můžeme využít jižního či jihozápadního sklonu střechy.

Určitým úskalím vůči veřejnému prostoru či okolním objektům může být umístění aktivních prvků na fasádě objektů. S vizuální stránkou bychom si již jistě dokázali poradit. Je však nutno brát v potaz odrazy slunečných paprsků a v případě objektu na hraně pozemku také povrchovou teplotu prvků.

5 REALIZOVANÉ SÍDELNÍ CELKY VYUŽÍVAJÍCÍ FT A FV

Výběr obsahuje pouze realizace po roce 2000, které jsou řazeny chronologicky. Z hlediska geografické polohy příklady respektují vymezený rámec uvedený v předmluvě práce, kapitole č. 1.3. Jedná se především o projekty mimo území ČR. Vybírány byly soubory objektů pro trvalé nebo rekreační bydlení. Kromě zjištěných informací jsou příklady posouzeny také architektonicko-urbanistickým rozbohem s vlastním grafickým schématem použitých prvků.

Architektonickými návrhy primárně zaměřenými na aktivní solární systémy se některé z architektonických kanceláří či projekčních studií zabývají přednostně. Mezi jakési průkopníky patří například Georg. Reinberg či Rolf Disch. Do mých osobních oblíbenců patří švýcarské ateliéry se sídlem v Curychu: René Schmid Architekten a Kämpfen Zinke + Partner (dříve Kämpfen für Architektur). V rámci dalších inspirativních příkladů mimo vybrané níže mohu doporučit zhlédnutí děl výše zmíněných autorů.

V rámci současných realizací je možné vnímat také ortodoxnější tendence využití aktivních solárních systémů. Jedním z příkladů může být již dříve zmíněný holandský Nieuwland – Amersfoort v části 2.1. Podobné realizace se řadí do odvětví, které se obecně nazývá solárním urbanismem. (20 str. 112) Osobně vítám snahu o efektivní využití solárního záření, na druhou stranu se stavím na stranu racionálních úvah, které v rámci architektonického a urbanistického konceptu upřednostňují souhrnu více kvalit a předností návrhu.

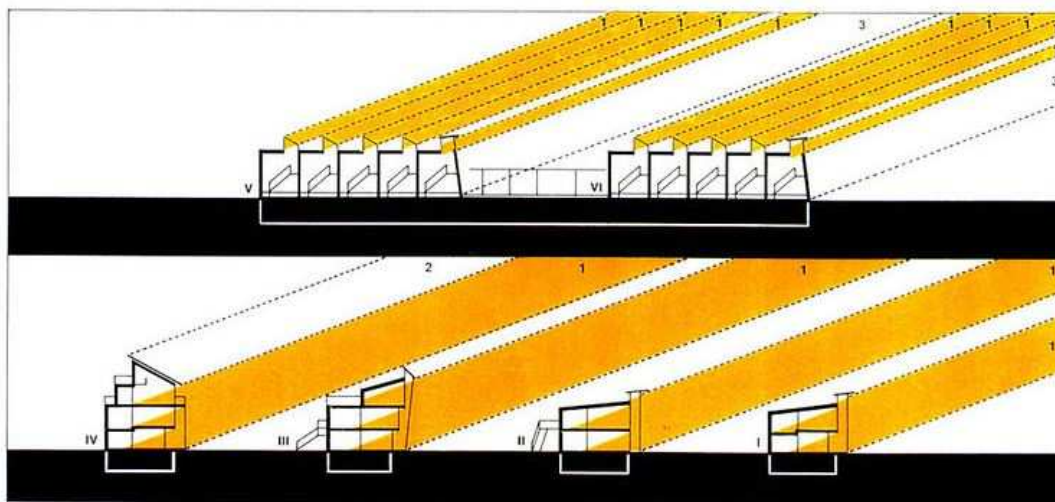
OBYTNÝ SOUBOR GNEIS-MOOS



Obrázek 50 Obytný soubor Gneis Moos , Salzburg, Rakousko, 2000, Georg W. Reinberg.
Zdroj: <http://www.reinberg.net/architektur/56/fotos>

- **lokality:** Salzburg, Rakousko
- **realizace:** 2000
- **autor:** Georg W. Reinberg
- **použité prvky:** střešní kolektory + FV pole + pasivní získání tepla

Obytný soubor je orientován k jižně položenému Untersbergu a zároveň se budovy otevírají ke slunci (pasivní získávání energie). Bylo použito ekologického a energetického konceptu: pasivní využití sluneční energie, čištění dešťové vody na pozemku, vlastní kompostování, vysoká míra zateplení, masivní hrubá stavba (pro ukládání pasivních solárních zisků a letní chlazení), zelené střechy k zadržování dešťové vody, velké solární zařízení s výrazným exteriérovým zásobníkem, plochy pro fotovoltaické panely a řízené větrání s rekuperací tepla. (3 str. 90)



Schnitt: Darstellung der Sonneneinstrahlung (1: passiv, 2: aktiv-thermisch, 3: aktiv-Photovoltaik)

Obrázek 51 Obytný soubor Gneis Moos - schema využití pasivní a aktivní solární energie
Zdroj: <https://www.archiweb.cz/b/obytny-soubor-gneis-moos>

Jsem si vědom, že pasivní získávání tepla je nad rámec vymezeného tématu, zde se však jedné o velmi populární objekt, který kombinuje aktivní i pasivní získávání energie ze slunečního záření. Přes jižní zimní zahrady je přiváděn vzduch pro řízené větrání, což zefektivňuje fungování a zároveň pomáhá redukovat tepelné ztráty přes rozsáhlé prosklené plochy. Pasivní systém zimní zahrady zde dle výpočtu přispívá tepelným ziskem s podílem 23 % celkové potřeby tepla. Solární systém z plochých atmosférických kolektorů o ploše 410 m² je umístěn na střeše severního objektu, která se sklání k jihu. Díky tomuto faktu se na v severní části výškově otevírá více prostor s výhledem na pevnost Hohen v Salzburgu. Uložení získaného tepla je v zásobníku na vodu o objemu 100 m³ umístěném v exteriéru. Celý FT systém objektu pokrývá 35 % celkové potřeby tepla na TUV a vytápění. Zbylou část již zajišťuje centrální systém vytápění s plynovým kotlem o výkonu 36 kWh/m² vytápěné podlahové plochy. (30)



Obrázek 52 Gneis Moos, Zásobník.
Zdroj: www.reinberg.net/architektur/56/fototts



Obrázek 53 Gneis Moos: vlastní rozbor FV a FT systémů, autor: Štěpán Lajda

- **sídelní struktura a architektonická forma v kontextu využití aktivních solárních systémů**

Jedná se o výrazný architektonický návrh, který nemá ambice skrývat svůj energetický koncept, spíše naopak. Pasivní i solární získávání energie určitým způsobem definuje architekturu souboru. Tvarový koncept je uzpůsoben úhlem pro efektivnější získávání energie.

Urbanistické uspořádání rovněž respektuje celý koncept. Většina budov je svou delší převýšenou fasádou natočena k jihu, kde využívá především pasivního získání tepla. Převýšení k jihu pomáhá zamezovat vzájemnému stínění těchto objektů. Důvod drobného natočení objektů od osy východ-

západ nebyl dohledán. Objekty se severojižní osou respektují uliční čáru a spoluvytváří uzavřený podélný prostor hl. veřejné komunikace.

Specifikem návrhu je integrace FV kolektorů nahrazujících krytinu severního objektu. Velký zásobník na teplou vodu je umístěn nepříliš tradičně v exteriéru v severní části souboru a je jedním ze symbolů tohoto ekologicky motivovaného projektu. Na dvou fasádách severojižních objektů jsou použity FV panely. Jedná se spíše o doplněk než architekturu utvářející prvek.

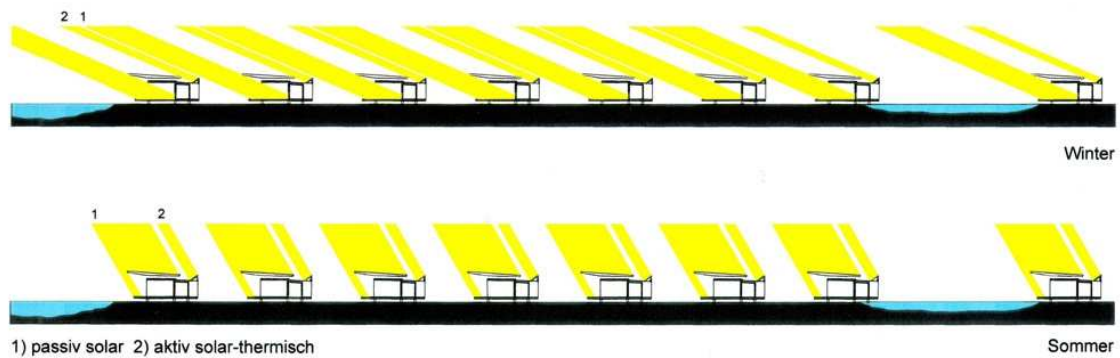
REKREAČNÍ BYDLENÍ U NEUSIEDLERSEE



Obrázek 54 Rekreační bydlení u Neusiedlersee, Jois, Rakousko, 2001, Georg W. Reinberg
Zdroj: <https://www.archiweb.cz/b/soubor-rekreacniho-bydleni-u-neusiedlersee>

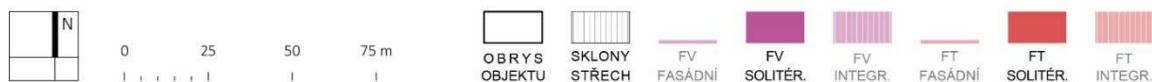
- **místo:** Jois, Rakousko
- **realizace:** 2001
- **autor:** Georg W. Reinberg
- **použité prvky:** 6-8 m² slunečních kolektorů na objekt + solitérní FV pole

Rekreační objekty jsou umístěny v přístavním zálivu. Na pozemku o velikosti cca 400 x 300 m. Základními podmínky pro povolení projektu v tomto místě bylo zachování přírodního charakteru, dodržení zásad ochrany přírody a udržení kvality vody. Konečná forma uspořádání ve formě pobřežních pásů vychází z dříve odsouhlaseného, avšak nerealizovaného projektu. Všechny obytné jednotky mají přístup k vodě a lze u nich kotvit loď. Vodní propojení je navrženo tak, aby se voda mohla stále volně pohybovat a projekt tak přispíval k její kvalitě a čistotě. Samotné objekty jsou svou prosklenou fasádou orientovány k jezeru, tedy k jihu. Tím je možné zajistit také pasivní zisky ze slunečních paprsků. Každý objekt má na střeše umístěno 6-8 m² FT plochých atmosférických kolektorů a v interiéru teplovodní zásobník o velikosti 300 – 500 litrů. Každá jednotka je standardně napojena na místní síť: kanalizaci, vodu a elektřinu. (31)



Obrázek 55 Rekreační bydlení u Neusiedlersee - schema využití pasivní a aktivní solární energie
 Zdroj: <https://www.archiweb.cz/b/soubor-rekrecniho-bydleni-u-neusiedlersee>

Opět se zde můžeme setkat s kombinací aktivního a pasivního získávání energie ze slunečního záření. Na schématu je zřejmé, jakým způsobem jsou k sobě objekty umístěny, aby nebyly zbytečné ztráty z pasivního ani aktivního získávání tepla během letního, ale především také zimního období.



Obrázek 56 Rekreační bydlení u Neusiedlersee: vlastní rozbor FV a FT systémů, autor: Štěpán Lajda

- **sídelní struktura a architektonická forma v kontextu využití aktivních solárních systémů**

Za velmi pozitivní fakt vnímám možnost realizace takto rozsáhlého projektu při udržené kvalitě místních podmínek. Domy jsou přístupné pouze pěšky, parkoviště je umístěno dále. Urbanistická struktura je navržena s ohledem na výhledy i nejefektivnější sluneční záření. Přesto, že jsou jednotky v poměrně velké blízkosti a často v severojižní ose, jsou jejich odstupy a sklony jejich střech navrženy tak, aby si nestínily při pasivním ani aktivním získávání tepla. To platí i pro zimní období. Architektonická forma objektů plně koresponduje se zadáním. Jedná se o nepřiliš kontrastní objekty, které v prostoru působí spíše jako jakési lodě či hausbóty než domy. Modřínová fasáda s dřevěnými okny jen podporuje celý koncept. Solární kolektory jsou umístěny ve snížené části střechy, aniž by výrazným způsobem ovlivňovaly architekturu objektů.

OBYTNÝ SOUBOR SOLAR HOUSING



Obrázek 57 Obytný soubor Solar Housing, Freiburg, Německo, 2006, Rolf Disch Solar Architektur. Zdroj <http://www.rolfdisch.de/en/architects-office/>

- **místo:** Freiburg, Německo
- **realizace:** 2006
- **autor:** Rolf Disch Solar Architektur
- **použité prvky:** integrované FV panely na střeších

Projekt byl vyvíjen již od EXPA 2000 pořádaném v německém Hamburgu. Finální realizace se dočkal v roce 2006. Celá zástavba vymezeného projektu obsahuje 59 domů. Pro tuto disertační práci je důležitá její část o 15 rezidenčních objektech. Všechny domy jsou dřevostavby používající dalších ekologických materiálů. Specifikem daného projektu je také sdílení automobilů v rámci této části města. Díky FV krystalickým panelům o 445 kWp umístěných na střeších objektů je ze slunečního záření ročně získáno okolo 420 000 kWh elektrické energie. Jedná se z tohoto pohledu o první realizované plusové domy, které se těšily velkému mezinárodnímu zájmu a ocenění. Investiční společnost tohoto záměru založil architekt projektu Rolf Disch. (6)



Obrázek 58 Obytný soubor Solar Housing: vlastní rozbor FV a FT systémů, autor: Štěpán Lajda

- **sídelní struktura a architektonická forma v kontextu využití aktivních solárních systémů**

Urbanistické uspořádání využívá u většiny domů orientace východ-západ. Odklon od jihu je minimální. Co neefektivnějšímu využití slunečního záření bylo podřízeno skutečně maximum. Sklon střechy a odstupy objektů opět vypovídají o zřejmém propočtu stínění. Architektonicky výrazným prvkem je plnoplošná integrace FV polykrystalických panelů do všech střešních ploch souboru. Žádná část šikmé střechy nepřišla na zmar. Architektonický výraz se zdá být z nadhledu diskutabilní. Je však nutné si uvědomit, že obyvatelé daného souboru FV pole vnímají minimálně.

OBYTNÝ SOUBOR KOBEROVY

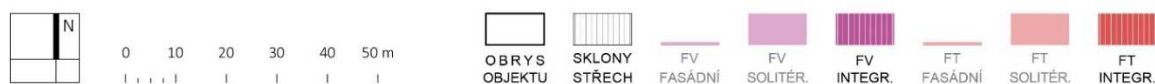


Obrázek 59 Obytný soubor Koberovy. Zdroj: <https://www.pasivnidomy.cz>

- **místo:** Koberovy, Česká republika
- **realizace:** 2007
- **autor:** Petr Morávek, Jan Tywoniak
- **použité prvky:** FV panely a FT kolektory na střechách

Jedná se o český experimentální projekt dvanácti energeticky pasivních dřevostaveb rodinných domů. Objekty jsou umístěny v CHKO Český ráj a splňují striktní regulativy, jako je sedlové zastřešení, přesahy střech, omezený rozsah okenních otvorů či nástupy z podélných fasád domů. Rozvolněná koncepce zástavby se logicky začleňuje do okolní zástavby obce Koberovy.

Teplovzdušné vytápění, větrání a chlazení zajišťuje dvouzónový systém rekuperační jednotky s napojením na zemní cirkulační výměník tepla a rozvod ohřátého vzduchu nad krbovými kamny do celého objektu. Do centrálního zásobníku tepla jsou napojeny FT kolektory a teplovodní vložky krbových kamen na kusové dřevo. Výstupy topné vody ohřívají teplovodní registr větrací jednotky a topné žebříky v koupelnách. FT panely jsou na sedlové střeše uspořádány do svislých pásů, čímž se v podhorské oblasti s vyšší pokrývkou sněhu eliminuje tvorba spodní ledové krusty a následná trvalá sněhová vrstva na kolektorech. Na střeše školícího střediska je instalován plošný FV systém s výkonem 8,5 kWp s distribucí do veřejné sítě. Tím se tento objekt zasazuje již do kategorie energeticky nulových domů. (32)

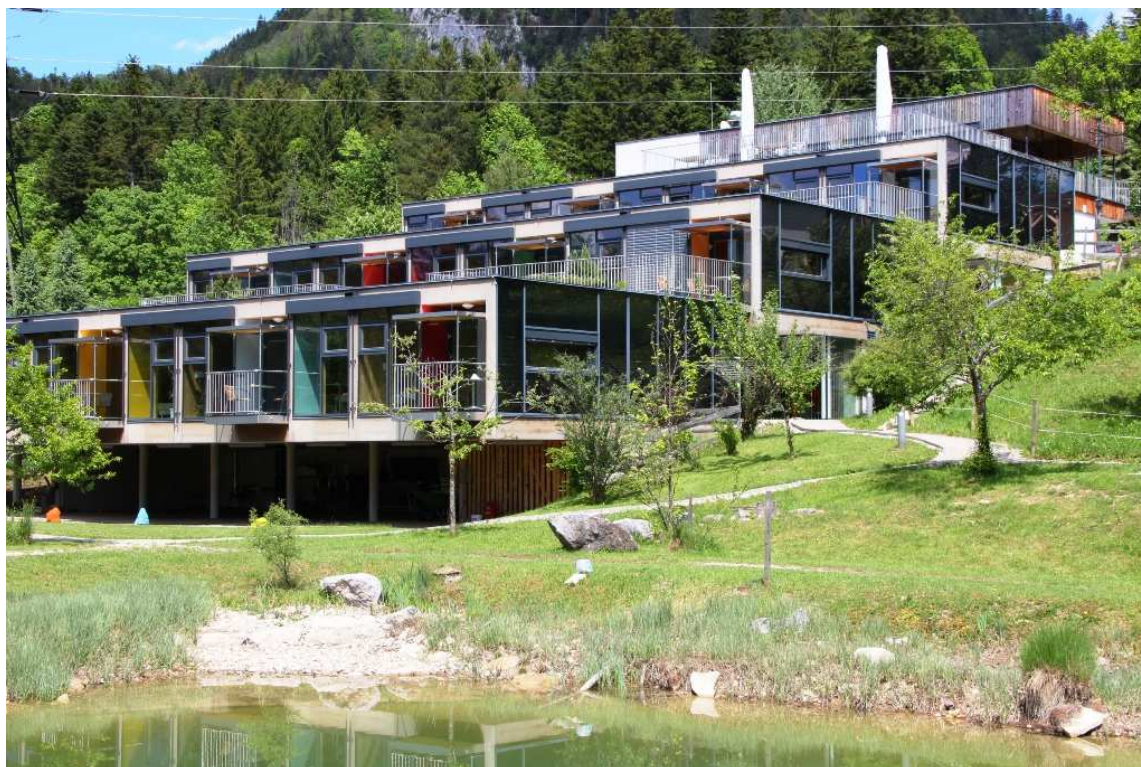


Obrázek 60 Obytný soubor Koberovy: vlastní rozbor FV a FT systémů, autor: Štěpán Lajda

- **sídelní struktura a architektonická forma v kontextu využití aktivních solárních systémů**

Domy mají jednoduchou tvarovou koncepci vesnického archetypu. Plochy sedlových střech jsou hladké bez vikýřů. Hřebeny střech jsou orientovány v ose východ-západ případně s drobným odklonem k ose JV-SZ. To umožňuje umístění aktivních solárních systémů na jižní či jihozápadní části sedlové střechy. Vzhledem k orientaci a sklonu panelů se tedy jedná o velmi účinné umístění. Přesto, že se nejedná o integrované řešení, po vizuální stránce panely a kolektory barevně korespondují s šedočernou skládanou krytinou střech. Vzhledem k urbanistickému uspořádání jednotlivých domů je vyloučeno přistínění prvků panelů / kolektorů vedlejšími objekty.

REKREAČNÍ KEMP PRO MLÁDEŽ OASE BERTA



Obrázek 61 Rekreační kemp pro mládež Oase Berta. Zdroj: <http://www.oeko-und-fair.de/reisen/bad-aussee-berta/>

- **místo:** Bad Aussee, Austria
- **realizace:** 2008
- **autor:** Holzbox Tirol
- **použité prvky:** integrované fasádní FT kolektory pro ohřev TUV

Jedná se o jeden z kempů řetězce Holzbox, který v Rakousku nabízí ubytování pro mladistvé v rámci krásného Tyrolska. Celý řetězec byl realizován v letech 2003 - 2008 a projekt v Bad Aussee byl dokončen jako poslední. Terasovitě uspořádané objekty jsou zajímavé svou jižní fasádou, která získává pomocí integrovaných FT kolektorů teplo pro ohřev TUV. (33 str. 237)



Obrázek 62 Rekreační kemp pro mládež Oase Berta: vlastní rozbor FV a FT systémů, autor: Štěpán Lajda

- **sídelní struktura a architektonická forma v kontextu využití aktivních solárních systémů**

Vzhledem k charakteru projektu se jedná o solitérní objekt, který je založen na elementárních tvarech terasového uspořádání. K tomuto konceptu bylo přistoupeno z důvodu respektování přirozeného terénu lokality. Jižní fasáda obracející se k jihu udává architektonický ráz. Až na tři okenní otvory je plnoplošně pokryta integrovanými solárními plochými atmosférickými kolektory. Vzhledem k funkci objektu však otázka vyvolává fakt povrchové teploty takto přístupně umístěných kolektorů, a tedy možné popálení ubytovaných.

OBYTNÝ SOUBOR SUNNYWATT

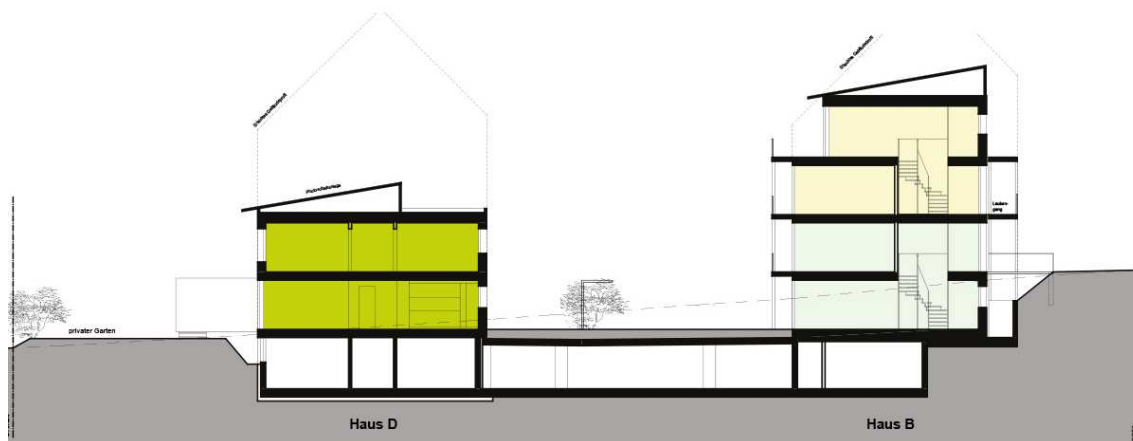


Obrázek 63 Obytný soubor SunnyWatt

Zdroj: <https://www.kaempfen.com/projekte/122-neubauten/587-wohnsiedlung-sunnywatt-2010>

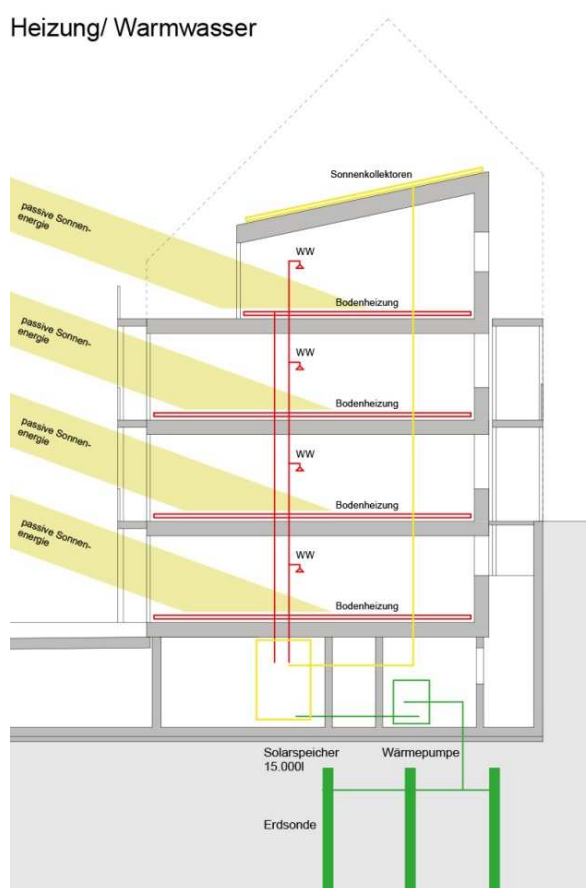
- **místo:** Watt, Švýcarsko
- **realizace:** 2010
- **autor:** kämpfen für architektur
- **použité prvky:** integrace FV panelů v rámci střechy

Bytový dům SunnyWatt se skládá ze sedmi řadových domů a dvanácti bytů v zelené rezidenční čtvrti ve Watech. V projektu byly zohledněny všechny tři pilíře udržitelnosti, tj. sociální, environmentální a ekonomické. Byty těží z jižně orientovaného svahu, stejně jako ze základní koncepce solární architektury: velkorysá okna na jih s balkony a terasami, malé otvory na severu a nadprůměrná tepelná izolace v rámci kompaktního objemu. Tyto faktory jsou klíčové pro nízkou spotřebu energie souboru. V projektu je kombinována sluneční a geotermální energie. FV systém integrovaný do střechy produkuje v roční energetické bilanci přibližně tři čtvrtiny elektřiny pro domácnosti v rámci souboru a veškerou energii pro vlastní chod budov. Projekt splňuje standardy švýcarské certifikace Minergie-P Eco Standard. (34)



Obrázek 64 Obytný soubor SunnyWatt - příčný řez budovami.
 Zdroj: <https://www.kaempfen.com/projekte/122-neubauten/587-wohnsiedlung-sunnywatt-2010>

Střechy s integrovaným FV systémem jsou nakloněny pod úhlem 12° jižním směrem. Severní část střechy jižního objektu je snížena a realizována jako zelená střecha. Důvodem bylo zajištění přirozeného osvětlení pro koupelny v centru dispozice. Ze sedmi domů jsou aktivní solární systémy využity u čtyř z nich. Střechy tří domů jsou pokryty monokrystalickými FV moduly, střecha čtvrtého domu je pokryta trubicovými vakuovými kolektory, které podporují navržený otopný systém založený především na tepelném čerpadle. 50 % elektrické energie je generováno ve čtyřech nejteplejších měsících: květen-srpen na rozdíl od 12 % v rámci nejchladnějších čtyř měsíců: listopad-únor. Systém je tedy současně také napojen na elektrickou distribuční síť. (3 str. 74)



Obrázek 65 Obytný soubor SunnyWatt - pasivní a aktivní solární zisky, vytápění.
 Zdroj: <https://www.kaempfen.com/projekte/122-neubauten/587-wohnsiedlung-sunnywatt-2010>



Obrázek 66 Obytný soubor SunnyWatt: vlastní rozbor FV a FT systémů, autor: Štěpán Lajda

- **sídelní struktura a architektonická forma v kontextu využití aktivních solárních systémů**

Domy u komunikace respektují stávající stavební čáru, která celému souboru určuje geometrii zastavění. V centru souboru je vytvořen příjemný polo-veřejný prostor. Vzhledem k drobnému odklonu k západě se při umístění integrovaných FV panelů jedná o velmi účinný směr. Sklon střechy je snížen na 12°, aby domy nepůsobily převýšeným dojmem, ale stále generovaly dostatečné množství energie. Z diagramu výše je zřejmé, že tímto drobným sklonem byla zlepšena účinnost systému o přibližně 10 % v porovnání s plochou střechou. Výškové uspořádání budov a jejich odstup je volen tak, aby si budovy vzájemně nestínily a nedocházelo ke zbytečným ztrátám generované energie.

REZIDENCE BRÜTTEN



Obrázek 67 Residence Brütten. Švýcarsko, 2016, René Schmid Architekten
Zdroj: <http://reneschmid.ch/projekte/mehrfamilienhaeuser/detail/erstes-energieautarkes-mehrfamilienhaus-bruetten>

- **místo:** Brütten, Švýcarsko
- **realizace:** 2016
- **autor:** René Schmid Architekten
- **použité prvky:** integrovaná FV články na střeše a fasádě

Jedná se o první energeticky soběstačnou rezidenci. Je zde navrženo 9 bytových jednotek. Objekt není napojen na elektrickou veřejnou síť ani na plyn. Celý projekt je jako celek navržen s důrazem na efektivitu. Neshromažďuje a neukládá více energie, než dokáže sám spotřebovat pro svůj provoz. Celý solární FV koncept je navržen na dostatečné zisky i menší sluneční intenzitu během zimního období. (35)

Objekt je kompletně opláštěn FV moduly, které mají průměrný roční zisk 90 - 105 MWh. 70 % této energie generuje 512 m² velké střešní FV pole z monokrystalických křemíkových článků o výkonu 79,5 kWp. Zbývajících 30 % zisků je tvořeno 485 m² FV fasádní instalací z tenkovrstvých článků druhé generace o výkonu 47 kWp. FT kolektory užity nebyly, vytápění zajišťuje tepelné čerpadlo voda-voda s výkonem 28 kW s vrty do hloubky 338 m. (3 str. 29)



Obrázek 68 Rezidence Brütten: vlastní rozbor FV a FT systémů, autor: Štěpán Lajda

- **sídelní struktura a architektonická forma v kontextu využití aktivních solárních systémů**

Objekt je umístěn v severní části pozemku, aby se mohla jeho jižní část parcely otevírat do veřejného prostoru obce. Dům je řešen velmi kompaktně. Venkovní pobytové prostory jsou řešeny pomocí lodžii. Nebylo možné přistínění fasády. Architektonický výraz objektu je definován použitými FV tenkovrstvými prvky v matném provedení. Obloženy byly fasády na všechny světové strany. Projekt tedy těží i ze 70% redukované maximální možné účinnosti na severní fasádě. Na podporu ekologického pojetí stavby jsou FV panely na fasádě doplněny dřevěným vyložení lodžii. Projekt měl velkou ambici se stát inspirací pro budoucí podobné záměry. Dovolím si tvrdit, že se mu to podařilo, a to jak z technického, tak architektonického hlediska.

REZIDENČNÍ SOUBOR MÄNNEDORF

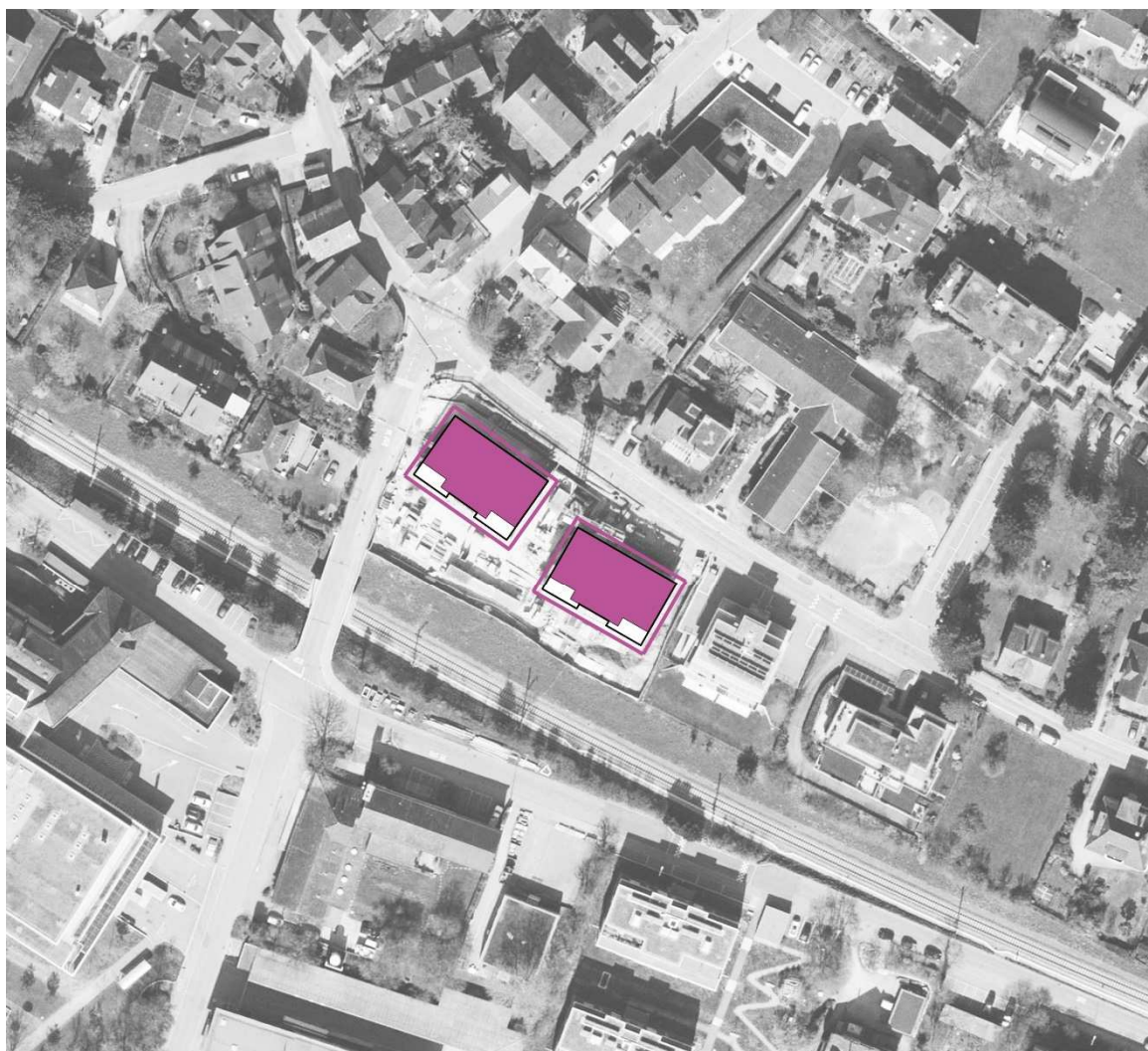


Obrázek 69 Rezidenční soubor Männedorf

Zdroj: <https://reneschmid.ch/projekte/detail/co2-neutrale-wohneuberbauung>

- **místo:** Männedorf, Švýcarsko
- **realizace:** 2020
- **autor:** René Schmid Architekten
- **použité prvky:** integrované FV panely na fasádách + střešní FV panely

Jedná se o soubor dvou energeticky soběstačných bytových domů u Curyšského jezera, který opět využívá kompletního opláštění fasád pomocí FV článků. Projekt obdržel švýcarské ocenění Watt d'Or. Přednost a inovace celého návrhu tkví v detailu použitého FV systému, který sestává z článků překrytých solárním sklem. Toto sklo je v projektu tónováno do rezavého kovu a kontrastní bílé barvy. Tato speciální technologie byla navržena inženýry v CSEM v Neuchâtel a dále vyvinuta až do ke komerčnímu prodeji společností Solaxess. Mezi FV monokrystalické články a přední sklo je umístěna nanotechnologická fólie opatřena polymerovou pryskyřicí pro její ochranu. Zmíněná fólie zajišťuje, že se od povrchu modulu odráží pouze ta část viditelného světla, která je pro barvu rozhodující. Zbytek spektra dopadajícího světla mohou FV články využít k výrobě elektřiny. (36)



Obrázek 70 Rezidenční soubor Mänerdorf: vlastní rozbor FV a FT systémů, autor: Štěpán Lajda

- **sídelní struktura a architektonická forma v kontextu využití aktivních solárních systémů**

Rezidenční soubor je navržen ve vysokém architektonickém standardu, který je podpořen nadčasovým řešením probarvování FV krystalických článků, což otvírá i pro ostatní typy FV článků další možnosti. Z hlediska usazení na pozemku objekty respektují linii severní komunikace, díky čemuž se podélně natáčejí k jihozápadu. Fasády jsou opláštěné FV články ze všech stran. U projektu na takto vysoké designové úrovni vyvolává určitou rozpačitost umístění soliterních FV panelů na rovné střeše. Dovolím si tvrdit, že by dokonalému záměru slušela plnohodnotná integrace i v těch místech, i když je uživatel z úrovně terénu primárně nevnímá.

OBYTNÝ SOUBOR KLOTEN

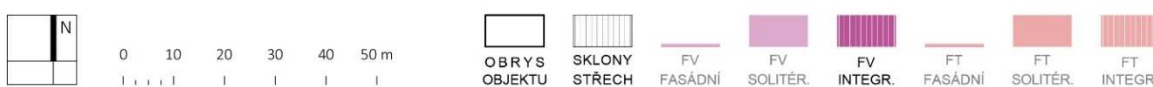


Obrázek 71 Obytný soubor Kloten

Zdroj: <https://reneschmid.ch/projekte/detail/ueberbauung-rankstrasse>

- **místo:** Kloten, Švýcarsko
- **realizace:** 2020
- **autor:** René Schmid Architekten
- **použité prvky:** FV panely integrované do střešní krytiny

Jedná se o realizaci, která není významněji mediálně proslavená, proto není dostupných příliš informací. Jedná se však o architektonicky velmi povedený projekt elegantně integrující FV pole do částí střešních krytin. Celý complex sestává ze čtyř objektů obsahujících 36 bytových jednotek.



Obrázek 72 Obytný soubor Kloten: vlastní rozbor FV a FT systémů, autor: Štěpán Lajda

- sídelní struktura a architektonická forma v kontextu využití aktivních solárních systémů

Bytové domy svou urbanistickou strukturou i architektonickou formou navazují na okolní zástavbu obce. Objekty jsou zastřešeny sedlovou střechou s úhlem přibližně 45°. Díky své podélné orientaci v ose JV-SZ je možné využít JZ část střešní plochy na integraci FV článků. Ty jsou díky tmavě šedé krytině střechy rozpoznatelné prakticky jen podle lesklejšího povrchu.

ČESKÝ SOBĚSTAČNÝ DŮM 2018 - VÍTĚZNÝ PROJEKT



Obrázek 73 Vítězný projekt Český ostrovní dům 2018.

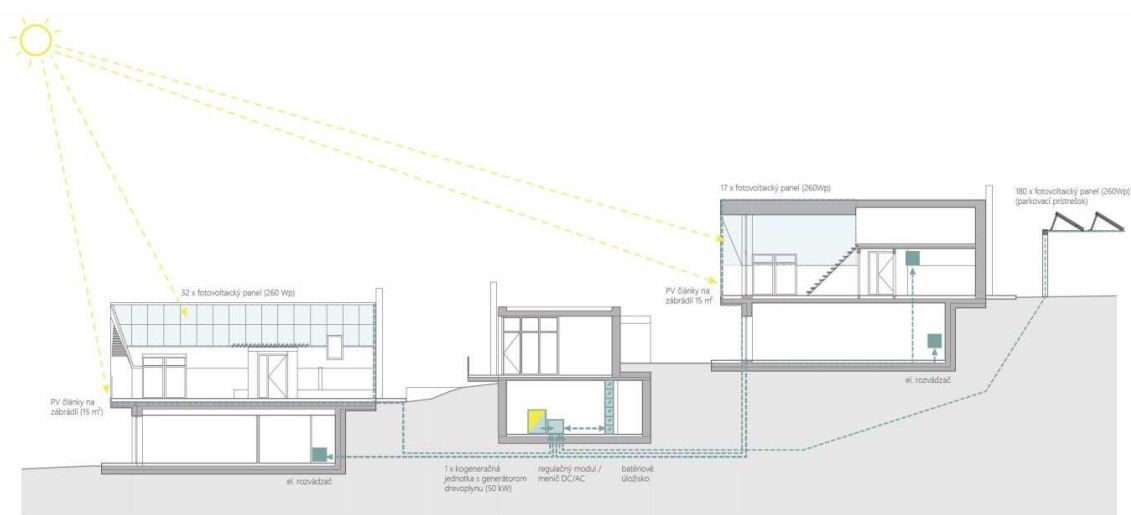
Zdroj: <http://www.ceskyostrovnidum.cz/soutez-2018-kopilakova.html>

- **místo:** Frymburk, Česká republika
- **projekt:** 2018 (nerealizováno)
- **autor:** Zuzana Kopiláková
- **použité prvky:** integrovaná střešní FV panely, FV články nad parkováním

Projekt Zuzany Kopilákové, studentky z Bratislavy, byl vítězným projektem třetího ročníku studentské soutěže Český soběstačný dům 2018.⁶ Téma tohoto ročníku bylo velmi blízké tématu práce, znělo: Návrh energeticky soběstačného komplexu pěti budov s možnostmi sdílení a šetrným využitím dalších zdrojů. Díky kvalitám tohoto studentského projektu věřím, že si zaslouží být součástí řešeršní části této disertační práce.

⁶ Soutěž byla dříve známá pod názvem Český ostrovní dům.

Projekt je striktně řešen jako ostrovní systém (off-grid), kde je navíc využíván systém sdílení. Sdílí se energie (resp. její produkce) pro vytápění i elektroinstalaci, odpady, voda ale i venkovní a některé vnitřní prostory. Systém je tedy z hlediska energetického řešení centralizovaně. Všechny jednotky se podílejí na chodu celku. Navíc je do projektu začleněno také sdílené hospodářství. Z hlediska využití slunečního záření je zajímavé řešení venkovního parkování zastřešeného FV panely. Na samotných domech jsou do sedlových střech integrovány další FV panely jejichž vygenerované elektrické přebytky je možné uložit do bateriového úložiště.



Obrázek 74 Vítězný projekt Český ostrovní dům 2018 - tepelně technický koncept
Zdroj: <http://www.ceskyostrovnidum.cz/soutez-2018-kopilakova.html>

6 SOUHRN ZÁSAD NÁVRHU SÍDELNÍHO CELKU

V předešlých kapitolách bylo zmíněno velké množství informací a inspirací, které budou v této části práce stručně shrnuty do jednoduchých zásad, jak lze v různých případech postupovat. V každém návrhu bude mnoho proměnných, které nám určuje zadání investora či konkrétní lokalita. V rámci podkapitoly níže je zmíněno několik variant, se kterými se můžeme v praxi setkat. K nim jsou doplněny základní koncepční zásady, které je potřeba mít na paměti. Poslední podkapitola potom shrnuté zásady aplikuje v rámci konkrétního území.

6.1 APLIKACE POZNATKŮ NA PODMÍNKY ZADÁNÍ

Oproti techničtějším informacím o solárních systémech v kapitole č. 3 se v této části jedná o zčásti subjektivní pohled na danou problematiku, jak lze v případě prvotních úvah nad koncepcí návrhu sídelního celku využívajícího solární systémy uvažovat.

FUNKCE OBJEKTŮ

Urbanistický celek vhodně využívající solární energii může obsahovat jednotlivé objekty s různými funkcemi.

- čistě obytný soubor
- obytný soubor s určitou vybaveností
- obytný soubor využívající energii centrální neobytné budovy
- soubor občanských budov (např. náves obce)
- soubor rekreačního bydlení
- soubor administrativních budov aj.

Každá z variant by měla vliv na koncepci využití solárních systémů, jejich rozsah, umístění či centralizaci systému. Jde především uspokojení potřeb uživatelů objektů. U čistě obytného souboru můžeme očekávat větší odběry tepla a elektrické energie v pozdějších odpoledních či večerních hodinách. U rekreačního souboru se bude jednat o nárazové odběry. V rámci administrativního celku bude naopak odběr více průběžný během dne.

V rámci vybraného zadání je v dalších částech přednostně uvažován čistě obytný soubor. To však neznamená, že zásady nelze využít i na jiná zadání s odlišnými funkcemi. Koncepční přístup bude velmi podobný.

STRUKTURA ZÁSTAVBY

Pokud je návrh zasazován do již stávající zástavby, je jedinou možností navázat na její strukturu. Záleží, zda se snažíme o sídelní integraci, nebo naopak solitérní vyčlenění navrhovaného sídelního celku. Pokud nemáme místními regulativy strukturu zástavby definovanou, je rozhodnutí na architektovi. Umístění objektu na pozemcích by mělo ctít obecné předpisy. Využití aktivních solárních systémů při větším tlaku na jejich efektivitu ovlivní orientaci ke světovým stranám. Pro zástavbu rodinných domů se sedlovou či pultovou střechou se zdá být nejefektivnější orientace jejich podélné osy hřebene na V-Z či JV-SZ. V tomto případě můžeme využít jižního či jihozápadního sklonu střechy pro osazení aktivních solárních prvků.

Bude-li předmětem návrhu ostrovní systém umožňující sdílení energií, bude jistě jednodušší vše pojmout jako uzavřenou sídelní strukturu. Pokud se však bude jednat o projekt se solitérními objekty, které mají být samy o sobě soběstačné (případně alespoň částečně), není důvod vše řešit v rámci uzavřené struktury.

VÝŠKOVÁ HLADINA ZÁSTAVBY

Výšková hladina může mít významný vliv na případné zastínění a je nutno ji zohlednit vůči odstupům objektů. Jako kritické období bude považována zima, kdy je slunečních paprsků nejméně, svítí pod nejmenším úhlem (delší stíny) a vygenerované energie potřebujeme během ročního období nejvíce. Můžeme si pomoci sklonem střechy, většími odstupy či střídavým uspořádáním objektů.

VEŘEJNÝ PROSTOR

Veřejný prostor je součástí návrhu sídelního celku. Svým návrhem, respektive návrhem objektů, jej definujeme. Mimo kvality architektonické, urbanistické či doplnění zeleně je nutné zohlednit i vizuální stránku navrhovaných objektů v přímé blízkosti veřejného prostoru. Z pohledu aktivních solárních systémů je nutné řešit nejen estetiku, ale i případné oslnění kolemjdoucích či automobilů.

Případné zastřešení veřejného prostoru se může podílet na získávání energie ze slunce. Hezkým příkladem je využití venkovního prostranství před

komunitním centrem v Ludesch, Rakousko. FV články působí esteticky přívětivě a navíc pomáhají vytvořit příjemný stinný prostor.

ARCHITEKTONICKÝ, DISPOZIČNÍ KONCEPT A KONSTRUKČNÍ KONCEPT

Architekti jsou zodpovědní za to, aby byl návrh komplexní ve všech ohledech. Je zapotřebí koordinovat více specialistů a docílit optimálního architektonického i technického řešení. Integrace aktivních solárních systémů je jedním z aspektů celého projektu. Díky možnostem, které se nám v současné době nabízí, jsme schopni těmito systémy architektonický koncept podpořit, nikoli poškodit.

Z dispozičního hlediska je zapotřebí dbát na vhodnou orientaci prostorů, jejich velikost a prosklené otvory. Je velkou výhodou, pokud můžeme využít pasivních zisků a o něco snížit kapacitu aktivních systémů. Zároveň je zapotřebí pracovat i s efektivním stíněním během letního období, abychom značnou část energie nemařili na chlazení.

Součástí celkové udržitelnosti je také konstrukční systém a použité materiály stavby. Vzhledem k aktuálním a budoucím tendencím je vhodné se soustředit na rychlost a ekologičnost výstavby.

REGULATIVY LOKALITY

V chráněné lokalitě, krajině či sídle, se setkáme s regulací prostorového řešení staveb, které návrh přímo ovlivní. Setkáme se s těmito možnými prostorovými regulativy:

- **půdorysná velikost stavby**
- **stavební čára**
- **vzdálenost od vedlejších domů či hrany pozemku**
- **výška a podlažnost objektu**
- **tvár střechy a její sklon**
- **orientace podélné osy objektu či jeho okapové hrany**

Tato omezení jsme nuceni brát v našem návrhu v potaz. Může se stát, že v určitých lokalitách nebude možné aktivní solární systémy použít na exponovaných místech stavby. Některé z daných regulativů nám však mohou vzhledem k energetické efektivitě nahraovat (tvár a sklon střechy).

REKONSTRUKCE ČI NOVOSTAVBA

V práci jsou zmíněny povětšinou novostavby. Pokud je v našem zájmu se zabývat obytným souborem primárně založeném na využití solární energie, je zde velká souvislost celého architektonického konceptu a umístění v rámci světových stran. To je podmínka, kterou v rámci rekonstrukce jen těžce ovlivníme. Neznamená to však, že zpracovaný elaborát nelze využít v rámci rekonstrukcí. Zjištěné poznatky jsou samozřejmě aplikovatelné i pro rekonstrukce stávajících staveb. V případě zájmu o vytápění pomocí FT systému je však nezbytnou součástí návrhu přiblížení se pasivnímu standardu, aby bylo možné získat dostatek tepla pro vytápění. Určitá omezení mohou být i z hlediska dodatečných instalací celého systému. Pro rekonstrukci může být praktický i termosifonový systém s integrovanou akumulací nádrží, kde je poté zapotřebí již jen minimum stavebních úprav. Při jakékoli dodatečné realizaci solárního systému, je však nutné posoudit stav a únosnost nosných konstrukcí a případně navrhnou novou oddělenou samonosnou konstrukci na zachycení aktivních solárních prvků.

ROZSAH VYUŽITÍ SOLÁRNÍCH SYSTÉMŮ

Jak je zřejmé již z předešlých kapitol, návrh solárních systémů je velmi komplexní. Tím nejužitečnějším systémem není pouze ten, který generuje nejvíce energie. Je tedy doporučeno brát zřetel nejen na přesnou orientaci aktivních prvků vzhledem k maximalizaci zisků, ale dát vše do kontextu celoroční potřeby, která se během roku (především pro solární kolektory určené pro vytápění) může zásadně měnit. Spousta informací týkající se orientace vůči slunci, efektivitám či ukládání energie byla popsána v kapitole č. 3. V této části zásad bych se rád zaměřil na využitelný rozsah aktivních solárních systémů.

- **soběstačnost objektu**

V zásadě jde o rozhodnutí, zda jde v projektu pouze o přilepšení objektu z hlediska energetických zisků nebo o plnohodnotnou soběstačnost. Toto rozhodnutí následně ovlivní dimenze systémů. Nejen v případě soběstačnosti je významnou částí celého systému úložiště energie. V rámci návrhu FV pole jsou vhodným pomocníkem pro návrh (i částečné) soběstačnosti dříve předeslané diagramy.

- **FT – ohřev TUV oproti ohřevu TUV + vytápění**

Je zapotřebí se také rozhodnout, zda získané teplo z FT kolektorů budeme využívat pouze na ohřev TUV, nebo také na vytápění objektu. Aby měl celý

koncept vytápění solární energií smysl, je nutné navrhovat objekt o alespoň pasivním standardu. Přílišné tepelné ztráty by zbytečně snižovaly efekt celého systému.

- **praktické jednotky**

V kapitole 3 bylo dospěno k těmto výsledkům:

min 5,4 m² plocha plochého kolektoru na ohřev TUV pro 1 osobu

min 25 m² vytápěné plochy pasivního domu na 1 m² FT plochého kolektoru

min 25 m² plocha FV krystalických článků na pokrytí elektrické spotřeby běžné domácnosti

SEZÓNNOST VYUŽITÍ

Sezónnost využití sídelního celku může mít nemalý vliv na koncepci návrhu. Bude záležet pro jakou část roku je celek určen. U sídelního souboru využívaném pouze v letním období (myšlena i část jara a podzimu) budou požadavky na FT a FV systémy jistě mírnější, než by tomu bylo u souboru se zimním provozem.

- **letní provoz**

Energie z FV panelů pro umělé osvětlení, spotřebiče či technologické systémy využijeme o něco méně především z důvodu výrazně delšího dne vůči noci. U FT kolektorů určených pro vytápění a ohřev TUV bude již rozdíl v kapacitě systému výraznější.

- **zimní provoz**

V zimním provozu se nám rapidně zvýší kapacity především u FT systému, a to především pokud jej využíváme nejen na ohřev TUV, ale také na vytápění. Den je výrazně kratší než v letním období, navíc nám slunce svítí slaběji pod menším úhlem. Ziskovost ze solární energie značně klesá. Tomu tedy musí odpovídat dostatečná kapacita celého systému, včetně zásobníku či bateriového úložiště. V daném období je větší podíl času, kdy nám slunce nesvítí, a proto je potřeba pracovat s naakumulovanou energií.

- **celoroční provoz**

Celoroční provoz se drží zásad, které jsou zmíněny v hlavní části práce. Jednalo se z většiny o trvalé rezidenční objekty. Je zapotřebí myslet na letní i zimní provoz, což způsobuje určité nároky na kontrolu systému. Díky navrženým kapacitám systému i na zimní období, lze očekávat, že na letní období bude systém předimenzován. Z toho důvodu je potřeba si dát pozor především na přehřívání FT systému.

KONFIGURACE TERÉNU

Morfologie terénu nám může výrazně ovlivnit koncepty sídelního celku a samozřejmě také využití solárních systémů, jejich efektivitu či rozsah. Typickými příklady konfigurace terénu jsou:

- **rovina**

Dá se považovat za nejjednodušší případ pro výstavbu sídelního celku. Vyvarujeme-li se vysokým objektům v těsné blízkosti, neměli bychom mít s návrhem sídelního souboru problém.

- **svah**

Z hlediska návrhu sídelního celku a umístění FV a FT systémů bude záležet na směru svahu. Z obecných stavební základů víme, že nevhodnější je jižní svah (svažující se k jihu). Tím je možné docílit vyšší fasádu na jižní strany a tím prosvětlit více vnitřních prostor, či umístit na fasádu větší kapacity solárních prvků. Terasovité uspořádání objektů nám pomáhá k větším tepelným ziskům a redukuje možnost stínění.

- **terénní zlom**

Jedná se o podobný případ jako záporová stěna. Je velmi důležité, jaké světové straně se terénní zlom nachází a jakým způsobem může navrhované objekty zastíňovat. Samozřejmě jsou nejproblematictější zlomy na jihu a západě. Pokud nemáme jinou možnost a výraznému zastínění od této terénní nerovnosti se nevyhneme, je vhodné zvážit systémy, které jsou méně citlivé na ztráty vlivem zastínění. U FT kolektorů takový problém nebude, u FV panelů se nabízí tenkovrstvé články druhé generace.

- **vyšší nadmořská výška**

V těchto lokalitách můžeme očekávat nižší teploty, čemuž je zapotřebí přizpůsobit propočet systému. Podstatným rozdílem oproti nižším lokalitám však je míra zasněžení. Je tedy nutné dbát na údržbu venkovních prvků systému, aby mohly efektivně plnit svou funkci. Pro vyšší nadmořské výšky se nabízí umístění FT kolektoru na JZ fasádu, kde jsou efektivně umístěny vůči slunci a zároveň se vyvarujeme zasněžení jejich povrchu. FT kolektory na fasádě mají ještě tu výhodu, že mohou pro své tepelné zisky využít i odraženého světelného záření od sněhu (3 str. 87). FV panely potom mohou být umístěny na střeše, u které lze v těchto podmínkách doporučit vyšší sklon.

CENTRÁLNÍ A LOKÁLNÍ SYSTÉM V KONTEXTU MAJETKOPRÁVNÍCH VZTAHU

Jsou dvě varianty, jak můžeme přistoupit k získané energii v rámci sídelního celku. energii může získávat každý objekt jen pro sebe, nebo může být sdílena.

- **sdílení vygenerované energie**

V případě sdílení je důležité, jakým způsobem je daný soubor financován, realizován a následně provozován. Z hlediska optimalizace využití vygenerované energie, ať už pomocí FT či FV, se zdá být sdílení vhodnou formou. Efektivněji se nakládá s využívanou získanou energií. Výhody jsou však určitým způsobem vykoupeny vlivem na sousedovi/sousedech. Podílí-li se více objektů v rámci obytného souboru na získávání energie, je jistě vhodnější, pokud se daný komplex řeší jako celek a má ho na starosti jeden developer. Po následném odkupu jednotlivých nemovitostí by bylo v případě sdružených systémů nutné řešit věcná břemena a dělení provozních nákladů.

Vhodným příkladem realizace sídelního celku založeném na využití na solární energie se zdá být soubor objektů navázaných na jednu (či více) centrální budovu, jejíž fasáda či střecha slouží jako generátor elektrické energie či tepla. Majitelé napojených objektů by řešili smluvní vztah s provozovatelem centrální budovy, přičemž právě provozovatel by měl na starosti údržbu celého systému. Jak je již zmíněno v jednom z bodů výše, především v případě použití FT systémů je nutné si dát pozor na vzdálenosti mezi generátorem a vlastním využitím media. V opačném případě můžeme nemalé množství vygenerované energie ztratit ve formě tepelných ztrát.

- **využití energie pro vlastní potřebu**

V současné době se jedná o standardnější přístup v rámci rezidenčních souborů. Objekt, na kterém jsou instalovány FT či FV systémy, generuje energii pro vlastní potřebu. V případě dostatečného množství vygenerovaných energií se může stát nezávislým na okolních budovách či systému obecně. Na druhou stranu je nutné samostatně dbát na údržbu a efektivně nakládat s přebytky vygenerované energie.

6.2 CUKROVAR LENEŠICE - APLIKACE ZÁSAD V NÁVRHU

POPIS LOKALITY, VYMEZENÍ POSUZOVANÉ ČÁSTI

- obec s přibližně 1500 obyvateli, Ústecký kraj, okres Louny
- v současné době neuspořádané území v přímém sousedství torza cukrovaru Lenešice
- zajímavá lokalita s historickou souvislostí
- rovinatý pozemek na východě obce v přímém sousedství s obcí Dobroměřice
- velikost pozemků = 77 251 m²



Obrázek 75 Cukrovar Lenešice - vymezení rozsahu území, autor: Štěpán Lajda

ÚZEMNÍ PLÁN A REGULATIVY – STRUČNÝ SOUHRN

- uzavřená urbanistická struktura vymezená okolní zástavbou a přilehlými komunikacemi
- dle ÚP území zasahuje do zastavitelné lokality – 4a + 4b – bydlení individuální vesnické (BV)
- v hlavním výkrese regulační plán (RP) stanoveny pozemky a plochy pro BV
- jednotlivé části zástavby v rámci grafické části RP pomocí bloků
- regulativy jednotlivých bloků definovány v příložené tabulce
- spojování dvou sousedních bloků při dodržení regulativů přípustné
- domy realizovat v rámci definovaných stavebních čar, ploch a regulačních koeficientů
- výškové uspořádání, výška říms či orientace hřebenů navazuje na stávající zástavbu
- případné vikýře řešit jednotlivě, nikoli průběžně (37)

Tabulka regulativů plošného a prostorového uspořádání na pozemcích

Identifikační číslo bloku	Identifikační číslo pozemku	Funkční využití dle ÚP	Min. koeficient zeleně	Orientace		Zvláště významné průčelí	Stavební čáry vstupního průčelí		Stavební čáry dalšího uličního průčelí		Maximální podlažnost stavby hlavní (P = využité podkrovní)	Minimální podlažnost stavby hlavní	Druh a sklon střechy (S = sedlová, PU = pultová, P = plochá)	Orientace střechy ve vstupním průčelí	Pravděpodobný výskyt konstrukcí a spodních staveb (N = nízká, V = vysoká, pravděpodob.)
				Vstupní průčelí	Další uliční průčelí		Z = závazná, N = nepřekročitelná	vzdálenost od uliční čáry	Z = závazná, N = nepřekročitelná	vzdálenost od uliční čáry					
08	13	BV	0,6	S	V	Z	5	N	3	1+P	S 40-45°	štít			
	14	BV	0,6	S		Z	5			1+P	S 40-45°	štít			
	15	BV	0,6	Z	S	Z	5	Z	5	1+P	S 40-45°	okap	N		
	16	BV	0,6	Z		Z	5			1+P	S 40-45°	okap	N		
	17	BV	0,6	Z	J	Z	5	N	5	1+P	S 40-45°	okap	V		
09	18	BV	0,6	JZ	Z	Z	5	N	5	1+P	S 40-45°	štít	V		
	19	BV	0,6	JZ		Z	5			1+P	S 40-45°	štít	V		
	20	BV	0,6	JZ		Z	5			1+P	S 40-45°	štít	V		
	21*	BV	0,5	V	J	Z	5	N	5	1+P	S 40-45°	okap	V		
	22*	BV	0,5	V		Z	5			1+P	S 40-45°	okap			
10	23	BV	0,6	V		Z	5			1+P	S 40-45°	okap			
	24	BV	0,6	V		Z	5			1+P	S 40-45°	okap			
	25	BV	0,6	V	S	Z	5	N	3	1+P	S 40-45°	okap			

Obrázek 76 Tabulka regulativů plošného a prostorového uspořádání vybraných bloků zástavby
Zdroj: MS architekti, s.r.o. Území bývalého cukrovaru Lenešice – Regulační plán – Výroková část

GRAFICKÝ VÝSTUP



Obrázek 78 Cukrovar Lenešice - vymezení vhodných ploch pro FV (fialově) a FT (červeně) systémy
autor: Štěpán Lajda, Podklad: MS architekti

STRUČNÉ SHRNUÍ

- FT kolektory využity ve většině případů na jižní štítové fasádě
- dva štíty se odklání od jihu na jihozápad, resp. západ
- velikost plochy pro aplikaci 73 m² (v bloku 08) – 45 m² (v bloku 09)
- po zohlednění 20 % na prosklení => 58 m² až 36 m²
- dle diagramu FT kolektorů v kapitole 3, je zapotřebí započíst redukci 20-25 % na základě vertikálního uložení kolektoru
- po zohlednění redukce = 45 m² až 28 m²
- dle zadání bylo zapotřebí 28,6 m² plochy kolektoru

- plochy šikmých střech 83 m² (v bloku 08) až 68 m² (v bloku 09)
- redukce na střešní okna pouze 10 % => 75 m² až 61 m²
- nejhorší odklon od jihu = 100° západně od jihu + sklon střechy = 45°
- dle diagramu zapotřebí redukce 40%
- po zohlednění redukce = 45 m² až 37 m²
- dle zadání bylo zapotřebí 25 - 30 m² plochy FV článků

Dovolím si tvrdit, že by všechny objekty po dalším podrobnějším posouzení měly potenciál fungovat soběstačně.

7 ZÁVĚR

7.1 NAPLNĚNÍ CÍLŮ

- Architektura domu či sídelního útvaru primárně založeném na využití aktivních solárních systémů má, dle mého názoru, specifický výraz. Je však především na architektovi a jeho povědomí o problematice, jak se tento výraz projeví. Za poslední roky jsme měli v blízkosti ČR možnost se seznámit s nezanedbatelným počtem inspirativních příkladů. Víme tedy, že architektura, urbanismus a aktivní solární systémy dokážou společně fungovat velmi kvalitně.
- Aktivní solární systémy a jejich účinná aplikace v určité míře ovlivňuje architektonický či urbanistický koncept. Vše je však o racionálním kompromisu. Práce, věřím, potvrzuje, že využití zmíněných systémů zdaleka nemusí koncept návrhu degradovat. Naším úkolem je, aby tomu bylo právě naopak. U novějších realizací si dovolím tvrdit, že spousta pozorovatelů by pravděpodobně ani nezaznamenala na energeticky soběstačném celku, že je například plně obložen FV články nebo má na střeše plně integrované FT kolektory.
- Myslím, že nebudu daleko od pravdy, když zmíním, že se nám v současné době nabízí již skoro bezmezná estetická možnosti. I když je samozřejmě potřeba brát toto sdělení s určitou rezervou, je vhodné připomenout, že je toto odvětví stále ve výrazném vývoji. Co nelze realizovat nyní, neznamená, že tomu nebude jinak za několik málo let. Různobarevnost, průhlednost, tenkost či ohebnost FV článků v současné době patří mezi atributy, ze kterých mohou architekti pro své projekty standardně vybírat.
- Aktivní solární systémy jsou v současné době stále ještě využívány především pro zlepšení energetické bilance. Soběstačné budovy a soubory objektů jsou ještě stále v menšině. Můžeme se však přesvědčit, že takové budovy skutečně existují a plnohodnotně fungují. Aspekt soběstačnosti rozhodně není něčím, co by objektům mělo jakkoli esteticky přihoršit. Věřím, že současná doba (únor 2022) nám ukazuje, že soběstačnost je jednou z cest, jak lze předejít mimo jiné i následkům politických pochybení.

Na základě komplexního náhledu do zvolené problematiky mohly v úvodu vytyčené otázky doznat svých odpovědí. V rámci jednotlivých kapitol disertační práce se podařilo shrnout historii, legislativu, jednotlivé prvky solárních systémů, sídelní strukturu a realizace projektů. Detailnější pohled do technických aspektů návrhu poskytuje základní povědomí pro aplikaci aktivního solárního systému. Technické parametry byly probrány v kontextu architektonického a urbanistického návrhu. To vše je základem pro jakési zásady, jak lze v konkrétních příkladech postupovat a zjištěné záležitosti zároveň aplikovat.

Praktickým výstupem práce je stručný, přehledný a uživatelsky přívětivý souhrn, v němž jsou stanoveny doporučené koncepční zásady pro různé příklady řešení urbanistického celku s ohledem na primární využití solární energie, racionální uspořádání zástavby a jednotlivých architektonických forem domu vedoucích k optimalizaci solárních zisků.

7.2 PŘÍNOS PRÁCE A MOŽNÉ UPLATNĚNÍ V PRAXI

Věřím, že výstup práce by mohl mít ambici splnit vytyčený cíl, tedy sloužit projektantům, architektům, širší veřejnosti či studentům architektonicky a technicky zaměřených oborů. Je zřejmé, že by pro studenty byla vhodnější forma výukových skript, které by mohly být vhodnou učební pomůckou pro předměty zabývající se obdobnou problematikou. V případě výuky na Katedře architektury Fakulty stavební ČVUT v Praze by se mohlo jednat například o ateliérové předměty. Vzhledem k dříve zmíněným tendencím považuji za vhodné, aby se studenti seznámili se základy principů využití sluneční energie v kontextu architektonického navrhování již během studia, což by, věřím, mohlo vyústit v pozitivní ovlivnění jejich tvorby během jejich vlastní praxe. Jsem přesvědčen, že právě studenti mají velký potenciál k ovlivnění směru, jakým se bude architektonické navrhování a stavebnictví obecně v dalších letech ubírat.

7.3 MOŽNÁ TÉMATA PRO DALŠÍ VÝZKUM

Problematika udržitelnosti či soběstačnosti sídla je velmi komplexní. Disertační práce zohledňuje jeden z více aspektů. Za další zajímavá témata pro rozpracování považuji: hospodaření s vodou, udržitelnost výstavby s ohledem na použité materiály a konstrukční řešení či doplnit tematiku dalších obnovitelných zdrojů energie. Každé z témat lze z hlediska rozsahu považovat za samostatnou disertační práci. Opět by se mohlo jednat o podklad pro skripta, která by na sebe mohla po částech navazovat.

8 LITERATURA, ILUSTRACE, ZKRATKY

8.1 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. Ministerstvo pro místní rozvoj. *Fotovoltaika: Metodická pomůcka*. [Online] https://www.mmr.cz/getmedia/b4a94988-32fd-4b69-a548-82a288467769/FVE-web__01__2014.pdf.
2. PETERKA, Jaroslav. TOPIN. *Historie solárních termických kolektorů a soustav*. [Online] <https://www.topin.cz/clanky/historie-solarnich-termicky-kolektoru-a-soustav-1-cast-detail-1038>.
3. KRIPPNER, Roland. *Building-Integrated Solar Technology: Architectural design with photovoltaics and solar thermal energy*. Zell am See : ludwig:media, 2017. ISBN: 978-3-95553-362-5.
4. DENZER, Anthony. *The Solar House: Pioneering Sustainable Design*. New York : autor neznámý, 2013.
5. DANIELS, Klaus. *Sonnenenergie. Beispiele praktischer Nutzung. Bericht über eine Studienreise 1975*. Karlsruhe : autor neznámý, 1976.
6. Rolf Disch. [Online] <http://www.rolfdisch.de/en/architects-office/>.
7. PVUPSCALE. *Urban Scale Photovoltaic Systems. Nieuwland 1 MegaWatt PC Project, Amersfoort*. [Online] http://www.pvupscale.org/IMG/pdf/Case_study_Nieuwland_final.pdf.
8. Archdaily. *Taiwan Solar Powered Stadium*. [Online] <https://www.archdaily.com/22520/taiwan-solar-powered-stadium-toyo-ito>.
9. Evropský parlament. *Energetická politika - obecné zásady*. [Online] <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/cs/sheet/68/energeticka-politika-obecne-zasady>.
10. KABELLE, Karel. TZB INFO. *Změna Evropské směrnice o energetické náročnosti budov*. [Online] <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/17969-zmena-evropska-smernice-o-energeticke-narocnosti-budov-epbd-3>.
11. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU ze dne 19.10.2010 o energetické náročnosti budov. Úřední věstník Evropské unie L 153, dne 18.6.2010. s. 13-35.

12. Evropská komise. *Delivering European Green Deal*. [Online] https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal_cs.
13. MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. [Online] <https://www.mpo.cz/cz/energetika/statni-energeticka-politika/statni-energeticka-koncepce--223620/>.
14. O energetice. [Online] <https://oenergetice.cz/energetika-v-cr/navrh-aktualizace-energeticke-koncepce-cr-ma-byt-za-dva-roky>.
15. Česká rada pro šetrné budovy. *Certifikace budov*. [Online] <https://www.czgbc.org/cs/pracovni-skupiny/certifikace-budov>.
16. Thilo Ebert, Natalie Essig, gerd Hauser. *Green Building certification systems*. Mnichov : Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG, 2011. ISBN: 978-3-920034-54-6.
17. ŠEVČÍKOVÁ, Lenka, KLÍMOVÁ Sylva, ČUPROVÁ Danuše. TZB INFO. *Pasivní solární energie - nové trendy*. [Online] <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-zisky-a-zastineni/1705-pasivni-solarni-energie-nove-trendy>.
18. MATUŠKA, Tomáš. TZB INFO. *Solární kolektory*. [Online] <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/154-typy-solarnich-kolektoru>.
19. Thermosolar. [Online] <https://www.thermosolar.sk/>.
20. PIFKO, Henrich. *Navrhovanie energeticky efektívnych domov*. Bratislava : Eurostav, 2017. ISBN 978-80-89228-53-9.
21. MATUŠKA, Tomáš. TZB INFO. *Solární kolektory*. [Online] <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/155-parametry-solarnich-kolektoru>.
22. Evropská komise. *Lightweight, bendy, cheaper – the promise of organic solar panels*. [Online] <https://ec.europa.eu/research-and-innovation/en/horizon-magazine/lightweight-bendy-cheaper-promise-organic-solar-panels>.
23. Clean Energy Rewies. *Most Efficient Solar Panels*. [Online] <https://www.cleanenergyreviews.info/blog/most-efficient-solar-panels>.
24. *DGS Guidelines for Photovoltaic Installations*. 2013.
25. BCE. *Baterie pro fotovoltaiku*. [Online] <https://www.bce.cz/baterie-pro-fotovoltaiku-typy-vyhody-nedostatky/>.

26. AERS. TZB INFO. *Akumulace elektřiny*. [Online] <https://oze.tzb-info.cz/akumulace-elektriny/20825-domaci-bateriove-uloziste-aes>.
27. Charalambous, P.G. *Photovoltaic thermal (PV/T) collectors: A review. Applied Thermal Engineering*. 2007.
28. MMR: *Principy a zásady urbanistické kompozice v příkladech*.
29. RÉRAT, Roland. *Housing, the Compact City and Sustainable Development: Some Insights from Recent Urban Trends in Switzerland. International Journal of Housing Policy Vol. 12, No. 2*. červen 2016. ISSN 1461-6718.
30. Archiweb. *Obytný soubor Gneis-Moos*. [Online] <https://www.archiweb.cz/b/obytny-soubor-gneis-moos>.
31. Archiweb. *Soubor rekreačního bydlení u Neusiedlersee*. [Online] <https://www.archiweb.cz/b/soubor-rekreacniho-bydleni-u-neusiedlersee>.
32. TZB INFO. *Soubor pasivních rodinných domů v obci Koberovy*. [Online] <https://www.tzb-info.cz/4755-soubor-pasivnich-rodinnych-domu-v-obci-koberovy>.
33. DREXLER, Hans, EL KHOULI, Sebastian. *Holistic Housing. Zell am See : ludwig:media*, 2012. ISBN 978-3-920034-78-2.
34. Kämpfen Zinke + Partner. [Online] <https://www.kaempfen.com/>.
35. René Schmid Architekten. [Online] <https://reneschmid.ch/projekte/detail/erstes-energieautarkes-mehrfamilienhaus-bruetten>.
36. Photovoltaik.eu. [Online] <https://www.photovoltaik.eu/bipv/watt-dor-solarfassade-mit-weissen-modulen-preisgekroent>.
37. architekti, MS. *Území bývalého cukrovaru Lenešice - Regulační plán - Výroková část*. 2019.

8.2 SEZNAM ILUSTRACÍ

Obrázek 1 Negativní příklad použití fotovoltaických panelů; zdroj: http://www.bjxenergia.com/	16
Obrázek 2 Pozitivní příklad použití (integrování) fotovoltaických panelů: Umwelt Arena, Spretenbach, Švýcarsko, 2012, Rene Schmidt Architekten; zdroj: https://www.archdaily.com/285637/umwelt-arena-rene-schmid-architekten	17
Obrázek 3 Vymezení zeměpisné polohy, autor: Štěpán Lajda	20
Obrázek 4 MIT Solar House I, Cambridge, Massachusetts, 1939.....	23
Obrázek 5 Dover Sun House, Dover, Massachusetts, 1948, Eleonor Raymond a Maria Telkes.	24
Obrázek 6 Heliotope, Freiburg, 1994, Rolf Disch Solar Architektur. Zdroj: http://www.rolfdisch.de	25
Obrázek 7 Výukové středisko Mont – Cenis, Herne, Německo, 1999, Jourda + Perraudin a HHS Planer + Architekten	26
Obrázek 8 Nieuwland - Amersfoort. ortofoto mapa. Zdroj: https://www.google.com/maps	27
Obrázek 9 Nieuwland - Amersfoort, 1999. Zdroj: https://earth911.com/	27
Obrázek 10 Stadion pro světové hry, Kaohsiung, Taiwan, 2009, Toyo Ito, Takenaka, RLA Kaohsiung Main Stadium Design Team. Zdroj: https://inspiration.detail.de/stadion-in-kaohsiung-107369.html	28
Obrázek 11 "Energy Cube", Veřejně prospěšný budova, Konstanz, 2011, Arnold Wild.....	29
Obrázek 12 Německý pavilon na EXPO 2015 v italském Milanu, foto: Štěpán Lajda	30
Obrázek 13 Ecocapsule, zdroj: https://www.ecocapsule.sk/	30
Obrázek 14 Environmentální certifikační systémy ve světě (výběr). Zdroj: Sebastian El khouli.....	35
Obrázek 15 LEED a BREAM - loga. Zdroj: https://www.energio.es/certifications	36
Obrázek 16 Bytový dům, Bennau, Švýcarsko, 2009, Grab Architekten.....	37
Obrázek 17 Plochý nekrytý kolektor ve formě UV odolné rohože	40
Obrázek 18 Plochý nekrytý kolektor pro vytápění bazénu	40
Obrázek 19 Plochý atmosférický kolektor: funkční schéma a rozdíl mezi neselektivním (a) a selektivním (b) absorbérem	41
Obrázek 20 Plochý atmosférický kolektor se selektivním absorbérem, zdroj: Termosolar	42
Obrázek 21 Delta Zero, Lugano, Švýcarsko, 2009, DeAngelis Mazza Architetti	42
Obrázek 22 Plochý vakuový kolektor, zdroj: Termosolar.....	43

Obrázek 23 Trubkový dvojitý vakuový kolektor s teplosměnnou lamelou, zdroj: OPC.....	44
Obrázek 24 Konstrukce vakuového trubicového kolektoru.....	44
Obrázek 25 Trubkové jedностěnné vakuové kolektory: s přímo protékajícím koncentrickým potrubím (vlevo), s tepelnou trubicí (vpravo), zdroj: Viessmann.....	45
Obrázek 26 RD Zürich - Höngg, Švýcarsko, 2011, kämpfen für architektur	45
Obrázek 27 Parabolický koncentrační kolektor	46
Obrázek 28 Parabolický koncentrační kolektor na střeše objektu	46
Obrázek 29 Roční energetické zisky dle DIN V 18599 pro různě umístěné solární kolektory - pro ohřev vody (vlevo) a pro ohřev vody a vytápění (vpravo). Zdroj: Claudia Hemmerle, data from DIN V 18599, část 5 a 8 (2011)	47
Obrázek 30 Potřeba tepla pro TUV (vlevo) a TUV + vytápění (vpravo) a typické solární zisky ze střešních a fasádních kolektorů podle měsíců v roce, zdroj: Claudia Hammerle, D - Mnichov	51
Obrázek 31 Zastřešení veřejného prostoru s využitím FV, Komunitní centrum, Ludesch, Rakousko, 2005, Hermann Kaufmann.....	52
Obrázek 32 Umwelt Arena, Spretenbach, Švýcarsko, 2012, Rene Schmidt Architekten.	53
Obrázek 33 Typologie a charakteristiky třech generací solárních článků. Zdroj: Foto1-4: Technische Universität Dresden, Stefan Unnewehr; Foto 5: Odersun AG, Frankfurt/ O.; Foto 6: Konarka Technologie, Inc/Foto: Christopher Harting.....	54
Obrázek 34 Jednotlivé složky FV pole.....	54
Obrázek 35 Daycare centre, Marburg, Německo, 2014, Opus Architekten	55
Obrázek 36 Solar Academy, Niestetal, Německo, 2010, HHS Architekten	55
Obrázek 37 Green Dot Animo Leadership High School, Los Angeles, USA, 2013, Brooks + Scarpa Architects	56
Obrázek 38 Parkoviště Oddělení odpadového hospodářství v Mnichově, Německo, 2011, Ackermann Architekten	57
Obrázek 39 Convention centre, Lausanne, Švýcarsko, 2014, Richter Dahl Rocha & Associés.	58
Obrázek 40 Detail Německého pavilonu na EXPO 2015, Milán, Itálie, 2015, Schmidhuber.....	59
Obrázek 41 Efektivita FV panelu na základě odklonu od jihu či změny naklonění. Zdroj: Gerd Becker.....	60
Obrázek 42 Vztah mezi průhledností a efektivitou různých typů FV článků, Zdroj: Ertex Solartechnik GmbH, Amstetten, Rakousko	63
Obrázek 43 Přibližný podíl soběstačnosti / solar coverage (vlevo) a využitelnosti vyrobené elektřiny / self-consumption percentage vůči	

kapacitě bateriového úložiště pro průměrnou domácnost, Zdroj: SMA Solar Technology AG, Niestetal, Německo	68
Obrázek 44 Účinnost a požadavky na plochu dle FV článků, zdroj: DGS Guidelines for Photovoltaic Installations, 2013.....	69
Obrázek 45 Schéma konstrukce FV/T kolektoru, zdroj: ISFH / BINE.....	70
Obrázek 46 Centrum města Telč - uzavřená struktura.....	73
Obrázek 47 Praha Vokovice - otevřená izolovaná struktura	73
Obrázek 48 Popovice - otevřená rostoucí struktura	74
Obrázek 49 Zálesy - Ohrobec - drobná rozptýlená struktura.....	74
Obrázek 50 Obytný soubor Gneis Moos , Salzburg, Rakousko, 2000, Georg W. Reinberg.....	78
Obrázek 51 Obytný soubor Gneis Moos - schema využití pasivní a aktivní solární energie	79
Obrázek 52 Gneis Moos, Zásobník.	79
Obrázek 53 Gneis Moos: vlastní rozbor FV a FT systémů, autor: Štěpán Lajda	80
Obrázek 54 Rekreační bydlení u Neusiedlersee, Jois, Rakousko, 2001, Georg W. Reinberg.....	82
Obrázek 55 Rekreační bydlení u Neusiedlersee - schema využití pasivní a aktivní solární energie	83
Obrázek 56 Rekreační bydlení u Neusiedlersee: vlastní rozbor FV a FT systémů, autor: Štěpán Lajda.....	84
Obrázek 57 Obytný soubor Solar Housing, Freiburg, Německo, 2006, Rolf Disch Solar Architektur. Zdroj.....	85
Obrázek 58 Obytný soubor Solar Housing: vlastní rozbor FV a FT systémů, autor: Štěpán Lajda.....	86
Obrázek 59 Obytný soubor Koberovy. Zdroj: https://www.pasivnidomy.cz	87
Obrázek 60 Obytný soubor Koberovy: vlastní rozbor FV a FT systémů, autor: Štěpán Lajda	88
Obrázek 61 Rekreační kemp pro mládež Oase Berta. Zdroj: http://www.oeko-und-fair.de/reisen/bad-aussee-berta/	89
Obrázek 62 Rekreační kemp pro mládež Oase Berta: vlastní rozbor FV a FT systémů, autor: Štěpán Lajda.....	90
Obrázek 63 Obytný soubor SunnyWatt.....	91
Obrázek 64 Obytný soubor SunnyWatt - příčný řez budovami.....	92
Obrázek 65 Obytný soubor SunnyWatt - pasivní a aktivní solární zisky, vytápění.	92
Obrázek 66 Obytný soubor SunnyWatt: vlastní rozbor FV a FT systémů, autor: Štěpán Lajda	93
Obrázek 67 Rezidence Brütten. Švýcarsko, 2016, René Schmid Architekten.....	94
Obrázek 68 Rezidence Brütten: vlastní rozbor FV a FT systémů, autor: Štěpán Lajda	95

Obrázek 69 Rezidenční soubor Männedorf	96
Obrázek 70 Rezidenční soubor Männedorf: vlastní rozbor FV a FT systémů, autor: Štěpán Lajda	97
Obrázek 71 Obytný soubor Klotten	98
Obrázek 72 Obytný soubor Klotten: vlastní rozbor FV a FT systémů, autor: Štěpán Lajda.....	99
Obrázek 73 Vítězný projekt Český ostrovní dům 2018.....	100
Obrázek 74 Vítězný projekt Český ostrovní dům 2018 - tepelně technický koncept	101
Obrázek 76 Cukrovar Lenešice - vymezení rozsahu území, autor: Štěpán Lajda.....	109
Obrázek 77 Tabulka regulativů plošného a prostorového uspořádání vybraných bloků zástavby	110
Obrázek 78 Cukrovar Lenešice - hlavní výkres regulačního plánu, zdroj: zdroj: MS architekti, s.r.o. Území bývalého cukrovaru Lenešice – Regulační plán – Hlavní výkres	111
Obrázek 79 Cukrovar Lenešice - vymezení vhodných ploch pro FV (fialově) a FT (červeně) systémy	112

8.3 SEZNAM ZKRATEK POUŽITÝCH V TÉTO PRÁCI

BAPV	(Building Applied Photovoltaics) fotovoltaické prvky, které jsou montovány na konstrukci budovy, ale nejsou její přímou součástí
BIPV	(Building-integrated Photovoltaics) fotovoltaické prvky jsou součástí obálky budovy
BIST	Building-integrated Solar Technology Solární technologie integrované do budovy
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
ČR	Česká republika
ENB	Energetická náročnost budovy
FT	fototermika / fototermické
FV	fotovoltaika / fotovoltaické
FV/T	kombinovaný kolektor (FV + FT)
ITRE	Výbor pro průmysl, výzkum a energetiku EU
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
nZEB	nearly Zero Energy Building budova s téměř nulovou spotřebou energie
OPV	organic photovoltaic (technology)
OZE	obnovitelné zdroje energie
RP	regulační plán
SEK	Státní energetická koncepce
SeV	Solarenergieförderverein Bayern e.V (Bavorská asociace podpory solární energie)
TUV	teplá užitková voda
ÚP	územní plán