03

Solární energie

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Publikace vznikla v rámci projektu Operačního programu Vzdělávání pro konkurenceschopnost Zelený most mezi školou a praxí – environmentální vzdělávací moduly pro trvale udržitelný rozvoj, registrační číslo CZ.1.07/1.1.00/14.0153, který realizuje Střední průmyslová škola strojní a stavební, Tábor, Komenského 1670 ve spolupráci s těmito partnery:

- Vyšší odborná škola a Střední zemědělská škola, Tábor, náměstí T. G. Masaryka 788
- Střední odborná škola a Střední odborné učiliště, Hradec Králové, Hradební 1029
- Střední odborná škola energetická a stavební, Obchodní akademie a Střední zdravotnická škola, Chomutov, příspěvková organizace, Na Průhoně 4800
- Masarykova střední škola, Letovice, Tyršova 500
- Střední škola – Centrum odborné přípravy technické, Kroměříž, Nábělkova 539
- Integrovaná střední škola technická, Benešov, Černoleská 1997

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
Více informací o projektu na jdete na www.zelenymost.cz.

SOLÁRNÍ ENERGIE

Autorský tým:
Mgr. Martin Doležal, SŠ - COPT Kroměříž
Mgr. Jana Nevřalová, SŠ - COPT Kroměříž
Ing. Bc. Miloslav Otýpka, SŠ - COPT Kroměříž
Mgr. Věroslav Vala, SŠ - COPT Kroměříž

Editor: Ing. Marcel Gause
Metodická pomoc: RNDr., PhDr. Danuše Kvasničková, CSc.
Obálka a grafická úprava: Quo-ST, spol. s r.o.
Tisk: FINAL EXIT tisková produkce

Text neprošel jazykovou úpravou

Vydala Střední průmyslová škola strojní a stavební, Tábor, Komenského 1670
Tábor 2013

Solární energie

SPŠ
TÁBOR

Obsah

1	**Úvod**	**6**
2	**Solární kolektory a solární systémy**	10
2.1	Základní části solárních systémů	11
2.1.1	Základní typy solárních kolektorů podle tvaru absorbéru	12
2.1.2	Typy solárních kolektorů podle konstrukce	13
2.2.	Rozdělení solárních systémů	15
2.2.1	Pasivní systémy pro ohřev vody - akumulační kolektor	15
2.2.2	Aktivní systémy pro ohřev teplé vody	16
2.3	Solární kolektory	17
2.4	Solární systém	18
2.4.1	Princip solárního kolektoru	19
2.4.2	Druhy solárních kolektorů	21
2.4.3	Vakuové trubicové kolektory	22
2.4.4	Zapojení kolektorů	26
2.5	Navrhování plochy solárních kolektorů	27
2.5.1	Záložní zdroj energie	28
2.5.2	Transportní systém	30
3	**Fotovoltaické systémy**	33
3.1	Základní pojmy	33
3.2	Historie fotovoltaiky	34
3.3	Fyzikální podstata fotovoltaické přeměny energie	35
3.3.1	PN přechod	36
3.4	Fotovoltaické solární články	38
3.5	Materiál pro výrobu solárních článků	38
3.5.1	Objemové krystalické materiály	38
3.5.2	Tenkovrstvé materiály	39
3.6	Způsoby zacházení se solárními články	40
3.7	Fotovoltaické moduly	40
3.7.1	Koncentrátorové fotovoltaické moduly	41
3.8	Fotovoltaické systémy	43
3.8.1	Prvky fotovoltaických systémů	45
3.9	Síťový měnič	47
3.10	Způsoby umístění fotovoltaických panelů	47
3.11	Výhody umístění fotovoltaických panelů na budovy	48
3.11.1	Nevýhody umístění fotovoltaických článků na budovy	48
3.11.2	Výhody fotovoltaických systémů	49
3.11.3	Nevýhody fotovoltaických systémů	49
3.12	Fotovoltaická elektrárna - praktická realizace	51
3.13	Fotovoltaika - perspektiva a budoucnost	52

4	**Solární architektura**	57
4.1	Pasivní solární energie	57
4.2	Aktivní využití solární energie	58
4.3	Stav řešené problematiky a historie	58
4.4	Vývoj v České republice	59
4.5	Budoucnost a podmínky fotovoltaických článků v architektuře	60
4.6	Možnosti pasivního využívání solární energie	60
4.6.1	Fotovoltaické články v architektuře	60
4.6.2	Umístění FV článků v rámci budov	60
4.6.3	Umístění FV článků v rámci volných ploch	61
4.6.4	Umístění FV článků v rámci krajiny	61
4.6.5	Umístění FV článků v městském prostoru	61
4.6.6	Umístění FV článků v památkově chráněných územích	62
4.6.7	Umístění FV článků ve venkovském prostředí	62
4.6.8	Budoucnost v usazování FV článků	62
4.7	Předsazená fasáda	64
4.8	Protisluneční clony	64
4.9	Studená fasáda	65
4.10	Energeticky úsporný dům	67
4.10.1	Stavba rodinného domu	67
4.10.2	Propojení solárních článků a panelů	68
4.11	Všeobecná osvěta a podpora pro různé využívání solární energie	70
4.11.2	Hodnocení	70
4.11.2	Podmínky navrhování	71
4.11.3	Základy BOZP při práci se slunečními a fotovoltaickými panely	71
5.	**Podpora a osvěta pro využívání obnovitelných zdrojů energie a udržitelný rozvoj společnosti**	73
5.1	Státní politika životního prostředí ČR	73
5.2	Energetická strategie EU	73
5.3	Environmentální vzdělávání, výchova a osvěta	74
5.4	Agenda 21	76
5.5	Vzdělávání k udržitelnému rozvoji společnosti	77
5.6	Fotovoltaika na střeše domu a právní předpisy	78
ZELENÝ TEST		81
LITERATURA		84

1 Úvod

Říkává se, že energie je krev průmyslu. Ale zdaleka nejen průmyslu. Často si ani neuvědomujeme, že energie je základním předpokladem **veškerého života** na naší planetě, tedy i nás - lidí. Každé malé dítě ví, že musí jíst - a že většímu výdejí energie (při sportu, při práci) odpovídá i větší potřeba výživy. Tuto **energetickou potřebu** pro život lidí zajišťuje již více než 5000 let hlavně zemědělství ve formě potravin, v některých oblastech světa také rybářství.

Základním energetickým zdrojem pro naši planetu je Slunce, které vyzařuje do vesmírného prostoru obrovské množství energie (okolo 3,8 . 10^{19} MJ /s). Z ní na naši Zemi dopadá přibližně pouze jedna dvoumiliardtina, ale tato „kapka“ energie ohřívá zemský povrch, uvádí do pohybu vrstvy atmosféry kolem něho a přeměňuje se v energii větru, umožňuje oběh vody a mění se ve vodní energii, je příčinou energie mořského vlnění a díky fotosyntéze je jeho malá část (necelé 1 %) zdrojem energie pro veškerý život na Zemi. Fotosyntéza představuje obdivuhodnou základní reakci života, při níž je v zelených rostlinách energie slunečního záření převáděna do energie chemických vazeb organických látek (z energetického hlediska do „energetických konzerv“ či do biomasy). Ty jsou pak v následných potravních řetězcích postupně využívány a měněny a slouží jako zdroj výživy (energie a látek) pro všechny ostatní organismy - tedy i pro nás.

Kromě této základní energetické potřeby pro život, je pro lidi důležitá také další **energetická spotřeba** - pro úpravu potravy, bydlení, výrobu různých látek, dopravu, obchod, spotřebu, kulturu - prostě pro lidský způsob života. Velikost energetické spotřeby se v průběhu vývoje lidské společnosti měnila. I v dnešním světě existují obrovské rozdíly ve spotřebě energie.

Předpokládá se, že naši předchůdci, kteří ještě nepoužívali oheň, potřebovali pro svůj život okolo 8000 kJ denně, což odpovídá i dnešnímu příjmu potravy. Využíváním ohně stoupla energetická spotřeba našich předchůdců někdy před 500 000 lety na dvojnásobek - tj. asi na 6 GJ/rok na osobu. V dobách počátečního zemědělství asi před 10 000 lety se tato spotřeba vlivem využívání zvířat zvýšila na 20-30GJ/osobu/rok, ve starověku a středověku se dále zvyšovalo využívání energie vody a větru. Naprostou změnu ve spotřebě energie pak znamenala **průmyslová revoluce**, která zahájila využívání nového energetického zdroje - fosilních paliv. S vynálezem parního stroje stoupla spotřeba energie přibližně na 100 GJ/osobu/rok. Další velmi nerovnoměrný vývoj ve světě dokumentuje diametrálně rozdílná spotřeba energie v dnešním světě: zatímco v USA se roční spotřeba energie na osobu odhaduje na 350 GJ, v Evropě průměrně na 200 GJ, v rozvojových státech Afriky pouze na 20-30 GJ na osobu/rok. Hlavním energetickým zdrojem současné civilizace jsou fosilní paliva.

Odkud se vlastně vzala?
Jejich základem je biomasa (především rostlin, ale i ostatních organismů), která se na Zemi fotosyntézou vytvářela **před mnoha miliony let** a která se v průběhu následujících milionů let vlivem geologických změn postupně pod vrstvami hornin za nepřístupu vzduchu měnila v uhlí, ropu a zemní plyn. Když uvážíme, že existence člověka na Zemi (včetně jeho přímých předchůdců) se dnes odhaduje na dobu 1 - 2 miliony let a proces vytváření např. černého uhlí na více než 200 milionů let, pak je na prvý pohled zřejmé, že fosilní paliva jsou **zdroje neobnovitelné**.

Nevíme sice přesně, jak velké zásoby fosilních paliv se v hlubinách naší Země ještě skrývají a odhady se u jednotlivých druhů paliv i u jednotlivých odhadců liší až v měřítku století, ale víme, že je nejvyšší čas intenzivně **hledat nové energetické zdroje** pro lidstvo, chceme-li nadále využívat stejné či zvyšující se množství energie.

Navíc využívání fosilních paliv s sebou nese vážné nebezpečné vlivy na prostředí. **Nečistoty** vypouštěné do ovzduší z domácích i průmyslových topenišť a ze stále rostoucího počtu dopravních prostředků představují vážné nebezpečí pro zdraví lidí a významně snižují také výnosy a kvalitu zemědělských produktů. Snad ještě větším globálním problémem je to, že při jejich spalování se uvolňuje oxid uhličitý vázaný do těl organismů před mnoha miliony let, což sebou přináší zvyšování skleníkového jevu a s tím související hrozbu **klimatických změn**, jejichž důsledky by mohly představovat katastrofy nezvyklých rozměrů.

Bezesporu nový nepominutelný energetický zdroj nepůsobící na **klimatické změny** představuje **jaderná energie**, která se uvolňuje při rozpadu radioaktivních prvků. Zdrojem je však rovněž neobnovitelný zdroj - různé nerosty ze zemské kůry obsahující izotop U^{235} . Zdá se, že tohoto zdroje je zatím k dispozici značné množství, ale tragické katastrofy z ukrajinského Černobylu a japonské Fukušimy budí mnoho obav z využívání tohoto přírodního zdroje a mnohé státy se proto orientují jiným směrem. Naděje se obracejí i k **jaderné fúzi** - tedy k obdobě procesů probíhajících na Slunci, ale možnosti jejího využívání v praxi jsou zatím v nedohlednu.

Energie však není nedostatek. Stálý a prakticky **nevyčerpatelný** je zdroj sluneční energie, která se na Zemi dostává v množství přibližně 21. 10^{20} kJ /rok - a je zdrojem neustále se **obnovující energie vody, větru i biomasy**. Nevyčerpatelným energetickým zdrojem je i **teplo zemského nitra**, které se uvolňuje stálými radioaktivními přeměnami v hlubinách Země a také **přitažlivé síly Měsíce** na naši Zemi, které způsobují pravidelný příliv a odliv na pobřežích oceánů a moří.

Před technicky vyspělou společností stojí nyní velmi závažné i podněcující úkoly:
- jak efektivněji a bezpečněji (s ohledem na vlivy na prostředí) využívat dosavadní energetické zdroje (neboť jejich náhlé opuštění není prakticky možné),
- jak zlepšit možnosti a perspektivy využívání energetických zdrojů nevyčerpatelných a obnovitelných, s nimiž nemusí být spojeny závažné problémy bezpečnostní, ani vlivy na biosféru.
Přitom je nezbytné mít na zřeteli souvislosti **environmentální, ekonomické i sociální** - tedy základní pilíře **udržitelnosti** dalšího vývoje naší civilizace.
Na tuto cestu je důležité vykročit co nejdříve - a začít ověřovat nejrůznější současné možnosti v praxi. Které způsoby šetření a využívání energie to jsou?

Možnosti šetření energií jsou nejen v jednání každého člověka, které zamezí zbytečnému plýtvání, ale i v řadě technických opatření v průmyslu (nové technologie), v zemědělství (využívání zbytkového tepla a biomasy), v dopravě (nové formy pohonu dopravních prostředků a snižování jejich spotřeby), ve stavebnictví (nové formy izolací, energeticky úsporné stavby atd.).

A další možnosti jsou v postupném a kombinovaném zavádění různých zařízení pro využívání nevyčerpatelných a obnovitelných energetických zdrojů:
- energie solární, jako přímého zdroje tepla, jako zdroje elektrické energie prostřednictvím fotovoltaických článků či jako naakumulované energie v ovzduší, ve vodě a v půdě prostřednictvím tepelných čerpadel (popř. v kombinaci s využíváním energie geotermální),
- energie větru prostřednictvím větrných elektráren
- energie vody prostřednictvím různých typů vodních elektráren,
- energie biomasy , a to jak novými termickými způsoby jejího využívání prostřednictvím spalování, zplynování, zkapalňování apod., tak i různými biotechnologickými způsoby využívání zbytkové biomasy a odpadních organických látek.

Zavádění těchto nových možností úspor a získávání energie musí překonávat mnohé problémy spojené zejména s nepravidelností slunečního záření, ale také s mnoha předsudky, neochotou hledat nové cesty a s řadou nežádoucích společenských vlivů ekonomického i sociálního rázu. Žádné novinky nikdy nebyly přijímány jednoznačně kladně a bez obav.
Navzdory různým těžkostem je důležité nenechat se odradit od hledání možnosti udržitelného řešení energetiky v 21. století.

RNDr., PhDr. Danuše Kvasničková, CSc.

Motto:
„Pro nás je Slunce rozžhavená plynová koule, v jejímž nitru probíhají termonukleární reakce a jež svou přitažlivostí udržuje kolem sebe ostatní planety. Nejde vůbec o to do jaké míry je tato teoretická představa „správná“, nýbrž o to, že znemožňuje přirozený vztah člověka ke Slunci. Člověk by především měl vnímat, jak Slunce v každé vteřině zaplavuje Zemi svou září, tj. jak ji ustavičně obdarovává svou vlastní světelnou substancí, sebou samým, a že jenom díky tomuto ustavičnému obdarovávání člověk vidí, co je kolem něho, a všechny organismy na Zemi mohou žít. Tedy Slunce jako zářící praobraz kosmického sebeobětování, jako připomínka, že jenom z oběti vzniká všechno, co kde vzniká. To je představa Slunce jako „živé“ bytosti, představa, jaká žila v různých variantách u všech významných starých národů...“.

(dr. Jan Dostal)

Formám energie, které z hlediska lidské historie nemůžeme nikdy vyčerpat, říkáme obnovitelné zdroje energie. Nejvíce takové energie na Zemi dodává Slunce, bez níž by zde nebylo života. Slunce ohřívá atmosféru, díky čemuž dochází k jejímu pohybu – energii větru využívají větrné motory k pohonu čerpadel, nebo na výrobu elektřiny. V druhém případě jde o větrné elektrárny. Biomasa ke svému růstu využila rovněž dopadajícího slunečního záření, proto se jí někdy říká sluneční energetická konzerva. Jejím spalováním můžeme získat teplo, eventuálně mechanickou a následně i elektrickou energii. Energii proudící vody používají vodní motory k přeměně v energii mechanickou nebo elektrickou.
Vážení čtenáři, dostává se k vám kniha, která se snaží osvětlit základní pojmy, definice a problematiku obnovitelných energetických zdrojů. To byl hlavní záměr autorů, bez nároku na komplexnost a vysokou erudovanost tak intenzivně teoreticky i prakticky expandující solární energie. Publikace je určena žákům základních a středních škol i široké veřejnosti a je rozdělena do čtyř kapitol. První dvě kapitoly jsou věnovány solárním kolektorům a fotovoltaickým systémům, jejich fyzikálnímu principu, navrhování, zapojování a měření. Třetí kapitola se zabývá historií a současnými trendy v solární architektuře. Poslední, čtvrtá kapitola se zabývá osvětou obnovitelných zdrojů energie a bezpečnosti při práci se slunečními a fotovoltaickými panely. V závěru knihy, pro ověření vašich vědomostí, si můžete vyzkoušet „Zelený test“. Pro hlubší studium a rozšíření znalostí jsou určeny odkazy na literaturu uvedené na konci publikace. Věříme, že učebnice bude přínosem při vzdělávání a výchově nové „environmentální“ generace.
Závěrem autoři děkují recenzentce PhDr. Danuši Kvasničkové, CSc., za pomoc a cenné připomínky, které nemalou měrou přispěly ke zvýšení obsahové i odborné úrovně publikace.

Autorský kolektiv

2. Solární kolektory a solární systémy

Slunce, naše nejbližší hvězda, je od Země vzdálena 156 milionů kilometrů. Pro funkci Slunce je důležitý poměr vodíku a helia, z něhož lze usuzovat délku života této hvězdy. Stáří Slunce je asi 5 miliard let, obsah vodíku je 72 % a obsah hélia 28 %. Předpokládáme, že termojaderná reakce na Slunci bude pokračovat nejméně dalších 5 miliard let. Proto můžeme z hlediska délky lidského života pokládat Slunce za obnovitelný zdroj energie, která dopadá na Zemi, aniž by zde vytvářela nežádoucí emise.

Vzhledem ke vzdálenosti putuje sluneční záření prostorem asi 8,5 minut, než dopadne na Zemi. Sluneční energie je elektromagnetické záření různých vlnových délek. Největší spektrální intenzita odpovídá vlnové délce 0,5 μm a patří do oblasti viditelného světla. Energetický podíl ultrafialového a tvrdšího záření s vlnovými délkami kratšími než 0,38 μm je dosti malý, asi 8 %. Největší podíl připadá právě na viditelné světlo, přibližně 60 %. Okolo 30 % sluneční energie přichází k Zemi o větších vlnových délkách než 0,8 μm, tedy již jako tepelné záření. Skutečný energetický tok dopadající na povrch Země je asi 1300 W/m^2 a je ovlivněn znečištěním atmosféry vodními parami a tuhými částicemi. Hustota dopadajícího záření je ovlivněna hmotou prozařovaného vzduchu, tedy zeměpisnou polohou daného místa. Na území ČR se intenzity dopadajícího záření v celoročním průměru pohybují okolo 620 W/m^2, ve výjimečných případech bylo krátkodobě naměřeno i více než 1000 W/m^2. Doba slunečního svitu na území ČR se v průměrném roce pohybuje mezi 1750 až 1900 hodin za rok.

Při fototermální přeměně jde o to, změnit viditelné záření na teplo, čímž je možné získat až 90 % tepla z celkového dopadajícího záření. Je to vynikající účinnost, nedosažitelná ani teoreticky při žádných jiných přeměnách slunečního záření. Této přeměny, tedy prodloužení vlnové délky záření do tepelného spektra, lze technicky snadno dosáhnout dopadem záření na neprůhlednou, nejlépe tmavou překážku s malou vyzařovací schopností v tepelném spektru. Vlastní přeměna se uskutečňuje v zařízeních speciálně konstruovaných k tomuto účelu – **kolektorech slunečního záření.**

Způsoby přímého využití solární energie

Formy využití solární energie v praxi rozdělujeme do dvou základních skupin:

1. Pasivní využití - jedná se o principy tzv. **solární architektury**. Mezi základní principy solární architektury patří především vhodná orientace prosklených ploch a tepelně akumulačních stěn, dosažení maximálního objemu stavby za minimálního povrchu obvodových stěn, důkladná tepelná izolace a využití obnovitelných zdrojů pro energetické zásobování stavby.

2. Aktivní využití - je realizováno pomocí přídavných technických zařízení tzv. slunečních kolektorů. Ty jsou v zásadě dvojího typu:

a) Termické kolektory - slouží především k ohřevu vody, k přitápění a ohřevu vody v bazénech.

b) Fotovoltaické kolektory - pomocí tzv. fotovoltaického jevu přeměňují sluneční záření přímo na elektrickou energii.

2.1 Základní části solárních systémů

Získat ze slunečního záření teplo není žádný problém, postačí k tomu jakýkoliv matně černý povrch. Základním problémem všech termálních solárních systémů je však to, jak zabránit tepelným ztrátám a jak vzniklé teplo odvést a uložit pro pozdější potřebu.

Každý solární systém obsahuje v zásadě tyto hlavní části:

- Kolektor, který záření „sbírá“ a mění jej v teplo.
- Zásobník, v němž je teplo uloženo pro pozdější potřebu.
- Transportní systém, který teplo převádí z kolektoru do zásobníku, nebo přímo do místa potřeby (rozvody, čerpadla nebo ventilátor, ventily apod.).
- Regulační zařízení zajišťuje, aby teplo přecházelo z kolektoru do zásobníku, a ne naopak.
- Záložní zdroj tepla, který pokryje spotřebu v době bez slunečního svitu.

Ne vždy však musí být všechny tyto části v systému přítomny a ne vždy jsou oddělené. Například nejjednodušší systém pro ohřev vody může být vytvořen pouze tmavě natřeným zásobníkem uloženým v izolovaném boxu s průhledným víkem. Zde je zásobník současně kolektorem a žádné potrubí nebo regulační systém už není zapotřebí. Za takovouto jednoduchost ale pochopitelně platíme malou účinností a krátkou dobou akumulace.

Co to je absorbér

Základní částí každého kolektoru je absorbér. Je to obvykle těleso z materiálu s dobrou tepelnou vodivostí, na svrchní straně opatřené speciální tenkou vrstvou, která minimálně vyzařuje a maximálně zachycuje (absorbuje) sluneční záření a proměňuje je na teplo. Při příznivých klimatických podmínkách jím může být například obyčejná černá hadice či na černo natřený sud, samozřejmě s ohřevem na nízkou teplotu a maximálně 2-3 měsíce do roka. Uvnitř nebo na spodní straně absorbéru je soustava kanálků, protékaných teplonosným médiem, které odvádí získané teplo.

Co to je solární kolektor

Solární kolektor je v podstatě zdokonalený absorbér, umožňující celoroční provoz. Ke zlepšení funkce a účinnosti kolektoru podstatně přispívá dobrá tepelná izolace. Na vrchní straně je transparentní kryt (sklo, polykarbonát), který propouští krátkovlnné sluneční záření a zabraňuje zpětnému vyzařování dlouhovlnného záření (skleníkový efekt). Na spodní straně a bocích je absorbér izolován klasickými izolačními materiály (např. minerální vlákna, pěnový polyuretan apod.). Celý systém je zapouzdřen v tuhém rámu nebo vaně chránícím absorbér proti mechanickým a vlhkostním účinkům. Teplo je odváděno z kolektoru prostřednictvím teplonosného média (voda, nemrznoucí směs na bázi propylenglykolu, vzduch atd.) izolovaným potrubím do místa spotřeby, např. do solárního zásobníku.

2.1.1 Základní typy solárních kolektorů podle tvaru absorbéru

Vakuové trubkové kolektory jsou kolektory s nejvyšší účinností zejména v zimním období, neboť vysokým vakuem uvnitř trubice jsou téměř eliminovány tepelné ztráty konvekcí. Další výhodou přímo protékaných trubkových vakuových kolektorů je variabilnost jejich umístění. Mohou být umístěny i ve svislé poloze a natočením trubic s absorbérem se docílí optimální orientace vůči dopadajícím paprskům slunečního záření. Jejich nevýhodou jsou však vysoké pořizovací náklady a obtížnější vestavba do střešního pláště nebo fasády.

Ploché vakuové kolektory jsou jedním z nejmodernějších výrobků v oblasti solární techniky. Spojují v sobě výhody trubkových vakuových kolektorů (nízké tepelné ztráty konvekcí) a plochých zasklených kolektorů se selektivní vrstvou (nižší pořizovací náklady při zachování vysoké účinnosti).

Ploché zasklené kolektory se selektivní vrstvou by měly v současnosti představovat nejrozšířenější typ instalovaných kolektorů. Jejich pořizovací náklady jsou jen o málo vyšší než u neselektivních plochých kolektorů s matným černým absorbérem, avšak při vyšší účinnosti. Selektivní vrstva podstatně snižuje tepelné ztráty sáláním z povrchu absorbéru (o 15 - 30 %). Její princip spočívá v nízké emisivitě pohlceného záření.

Lineární Fresnelova čočka pracuje na principu kombinace pasivního a aktivního využití energie Slunce. Jedná se o původní český kolektorový systém, využívající ploché sklo - optický rastr - lineární Fresnelovu čočku (LFČ). Pod čočkou, která je zabudována do střešní konstrukce, je v ohniskové vzdálenosti (cca 40 cm) umístěn pohyblivý rám s absorbérem. LFČ má schopnost separovat přímou složku (neovlivněnou oblačností) a difúzní složku dopadajícího slunečního záření. Koncentrovaná přímá složka je pak soustředěna na absorbér, kde je prostřednictvím teplonosného média přeměněna na teplo a odvedena k dalšímu použití (např. ohřev teplé užitkové vody nebo vody v bazénu). Difúzní složka bez podstatných změn proniká do vnitřních prostor, kde osvětluje prosklený interiér stavby. Celý systém má tak kromě zajímavého architektonického efektu i další přínosné funkce jako osvětlení, klimatizace a ohřev teplonosného média.

2.1.2 Typy solárních kolektorů podle konstrukce

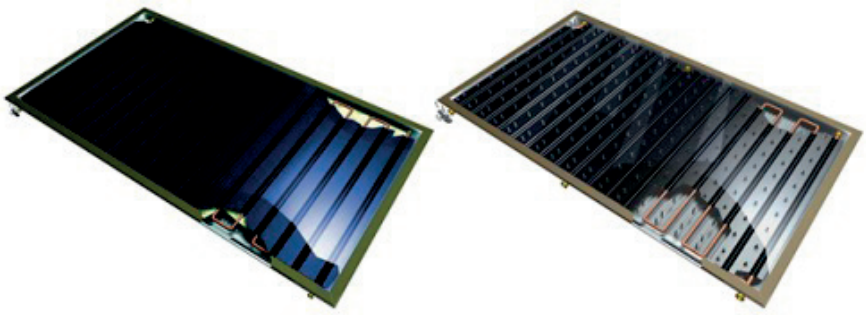
Solární tepelný kolektor je zařízení určené k pohlcení slunečního záření a jeho přeměně na tepelnou energii, která je předávána teplonosné látce, protékající kolektorem. Užívání termínu „panel“ se potlačuje, aby se předešlo nežádoucím záměnám s fotovoltaickými panely. Solární kolektory, ve kterých je používána kapalina jako teplonosná látka (voda, nemrznoucí směs vody a propylenglykolu), se využívají pro naprostou většinu aplikací v budovách.

Solární kapalinové kolektory lze dále rozdělit podle řady hledisek. Z uvedeného rozdělení vyplývají praktické konstrukční kombinace:

- **plochý nekrytý kolektor** - zpravidla plastová rohož bez zasklení s vysokými tepelnými ztrátami závislými na venkovních podmínkách, zvláště na rychlosti proudění větru; nekryté kolektory jsou proto určeny hlavně pro sezónní ohřev bazénové vody o nízké teplotní úrovni;

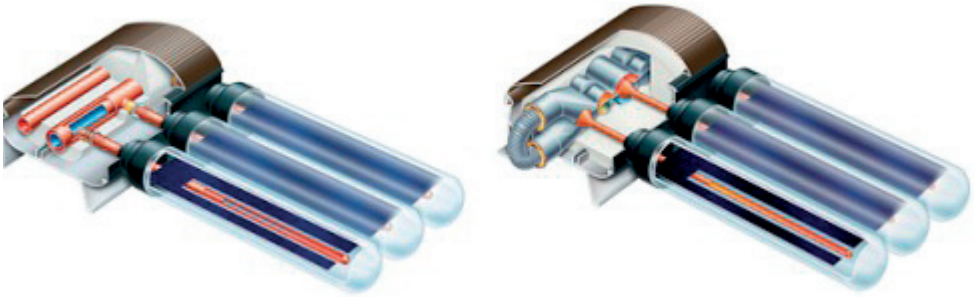
Obr. 1 Různé typy plochých nekrytých kolektorů

- **plochý neselektivní kolektor** - zasklený deskový kolektor s kovovým absorbérem se spektrálně neselektivním povlakem (např. černým pohltivým nátěrem); neselektivní kolektory mohou být vzhledem ke značným tepelným ztrátám vlivem sálání absorbéru v zimním období využity pouze pro sezónní předehřev vody při nízké teplotní úrovni; na trhu se vyskytují málo;
- **plochý selektivní kolektor** - zasklený deskový kolektor s kovovým absorbérem se spektrálně selektivním povlakem a s tepelnou izolací na boční a zadní straně kolektorové skříně; vzhledem k výrazně sníženým tepelným ztrátám sáláním absorbéru se ploché selektivní kolektory využívají pro solární ohřev vody a vytápění celoročně a tvoří většinu zasklených kolektorů na trhu;
- **plochý vakuový kolektor** - zasklený deskový kolektor v těsném provedení s kovovým absorbérem se spektrálně selektivním povlakem a tlakem uvnitř kolektoru nižším než atmosférický tlak v okolí kolektoru (absolutní tlak cca 1 až 10 kPa) pro zajištění nízké celkové tepelné ztráty; ploché vakuové kolektory jsou určeny pro celoroční solární ohřev vody a vytápění, případně průmyslové aplikace s provozními teplotami okolo 100 °C;



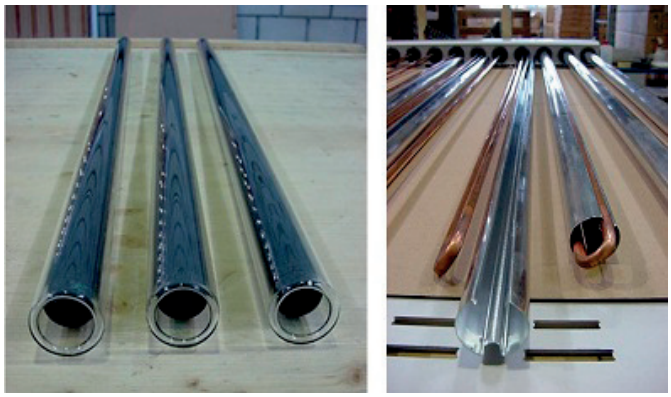
Obr. 2 Provedení plochého vakuového kolektoru

- **trubkový jednostěnný vakuový kolektor** - kolektor s plochým spektrálně selektivním absorbérem umístěným ve vakuované skleněné trubce (absolutní tlak < 10^{-3} Pa); výrazné omezení tepelných ztrát (nízkoemisivní absorbér, vakuová izolace) a vysoký přenos tepla z absorbéru do teplonosné kapaliny svařovaným spojem poskytuje vysokou účinnost kolektoru v celém teplotním rozsahu, kolektor je použitelný pro většinu aplikací, je relativně drahý a používaný pro kombinované soustavy a průmyslové vysokoteplotní aplikace (provozní teploty nad 100 °C);



Obr. 3 Trubkový jednostěnný vakuový kolektor

- **trubkový dvojstěnný (Sydney) vakuový kolektor** - kolektor s válcovým spektrálně selektivním absorbérem (absorpční skleněná trubka) umístěným ve vakuované skleněné trubce (absolutní tlak < 10^{-3} Pa); vzhledem k problematickému zajištění přenosu tepla z absorpční trubky do teplonosné kapaliny pomocí hliníkové teplosměnné lamely se Sydney kolektory vyznačují obecně nižší účinností při nízkých teplotách a používají se především pro kombinované soustavy pro vytápění či průmyslové vysokoteplotní aplikace (provozní teploty nad 100 °C);



Obr. 4 Trubkový dvojstěnný (Sydney) vakuový kolek-

- **soustřeďující (koncentrační) kolektor** - obecně kolektor, ve kterém jsou použita zrcadla (reflektory), čočky (refraktory) 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. Ploché kolektory vybavené vnějším zrcadlem nebo kolektory s vakuovanými Sydney trubkami opatřené reflektorem jsou rovněž považovány za soustřeďující kolektory. Pro účinné použití koncentračních kolektorů je základní podmínkou dostatek energie přímého slunečního záření během roku.

2.2 Rozdělení solárních systémů

Solární systémy lze dělit podle různých kritérií. Pokud se omezíme na termické systémy, tj. ty, které přeměňují energii slunečního záření na teplo, pak je můžeme dále rozdělit:

a) *podle toho, k čemu používáme získanou energii:*
   - systém pro ohřev teplé vody,
   - systém pro ohřev bazénů,
   - systém pro vytápění,
   - systém pro chlazení a klimatizaci;

b) *podle toho, jakým způsobem je zajištěn přenos tepla:*
   - systémy pasivní
   - systémy aktivní

c) *podle toho, jaké medium slouží k přenosu tepla:*
   - systémy využívající k přenosu tepla vodu nebo nemrznoucí směs
   - systém využívající vzduch

2.2.1 Pasivní systémy pro ohřev vody - akumulační kolektor

Nejjednodušším systémem na ohřev vody je černě natřená nádoba umístěná na slunci. Má však některé nevýhody:

- velké teplené ztráty, a tedy malá účinnost a nemožnost uchování ohřáté vody po delší dobu;
- zařízení musí být umístěno tam, kde svítí slunce, a ne tam, kde bychom vodu potřebovali;
- nelze jej používat v zimním období, kdy hrozí zamrznutí systému;
- voda nemá dostatečný tlak.

Samotížný systém pro ohřev vody

Podstatného snížení tepelných ztrát v době bez slunečního svitu dosáhneme oddělením kolektoru a zásobníku. Pokud je kolektor umístěn pod zásobníkem, není třeba žádné čerpadlo ani regulační zařízení, protože v době slunečního svitu obíhá voda

z kolektoru do zásobníku samotížně. Pokud slunce přestane svítit a teplota kolektoru se sníží, oběh vody ustane a zásobník, pokud je dobře izolovaný, vychládá jen velmi pomalu. Vzhledem k tomu, že tlak vyvozený rozdílem teplot vody je velmi malý, je třeba mít potrubí od kolektoru do zásobníku pokud možno krátké, dobře vyspádované a s větším průměrem.

Také kolektor musí být přizpůsoben pro samotížný oběh a totéž platí pro výměník, pokud jej používáme. Samotížné systémy jsou velmi běžné v zemích v okolí Středozemního moře, kde nehrozí mrazy a kde se často používají ploché střechy, na něž se dají tyto systémy dobře umístit. Pokud se v solárním zásobníku použije vhodný výměník, lze používat v kolektorech nemrznoucí směs a provozovat samotížný systém i v zimě.

Obr. 5 Samotížný ohřev vody

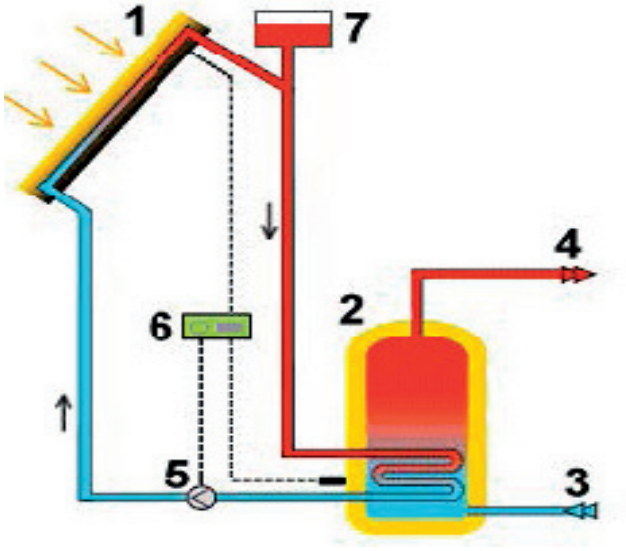
2.2.2 Aktivní systémy pro ohřev teplé vody

Významně větší flexibility dosáhneme, když pro oběh kapaliny použijeme čerpadlo spínané vhodným solárním regulátorem, tj. když přejdeme od pasivního systému k systému aktivnímu. Pak je možno umístit kolektor na střechu, kde není zastíněn, a zásobník dát do sklepa, kde nevadí jeho váha a rozměry, nebo do koupelny, což minimalizuje tepelné ztráty v rozvodech teplé vody. Potrubí od kolektorů k zásobníku může mít poměrně malý průměr a ani jeho délka nehraje velkou roli. Tím, že je solární systém rozdělen na jednotlivé moduly, není nutno dělat kompromisy jako u systémů pasivních a je mnohem jednodušší systém přizpůsobit požadavkům uživatele a dosáhnout dobré funkčnosti a účinnosti. Výhody aktivního solárního systému jsou zaplaceny vyšší pořizovací cenou.

2.3 Solární kolektory

Solární tepelný kolektor je zařízení určené k pohlcení slunečního záření a jeho přeměně na tepelnou energii, která je předávána teplonosné látce odváděné z kolektoru. Naprostá většina solárních kolektorů využívá pro přenos tepla z kolektoru do místa využití teplonosných kapalin (kapalinové kolektory), malá část využívá vzduch (vzduchové kolektory).
Známe to z každé domácnosti - sluneční paprsky procházejí okny do bytu, jsou více či méně pohlcovány předměty v místnosti a teplota v místnosti roste. V praxi se tak projevuje skleníkový jev - Slunce zcela zdarma zahřívá náš byt. V létě je nám toto bezplatné vyhřívání bytu spíš nepříjemné a bráníme se proti němu například zatažením závěsů nebo žaluzií. Naopak v zimě, kdy bychom byt skutečně potřebovali vyhřát, jsou dny krátké a sluneční záření je slabé. Pasivní metoda využití slunečního záření je levná a jednoduchá, ale má omezené uplatnění (skleníky, zimní zahrady, sušárny). Problematikou pasivního využití sluneční energie k vytápění, případně k chlazení budov se zabývá zvláštní obor, nazývaný solární architektura. Tzv. sluneční domy jsou navrhovány tak, aby bylo k jejich provozu (hlavně k vytápění) potřeba co nejméně energie a aby se co nejvíce potřebné energie získalo ze slunečního záření. Energie se zachycuje hlavně na jižních stěnách a částech střechy a tomu musí odpovídat i tvar, rozměry a umístění budovy v terénu.

Obr. 6 Ukázky pasivního využití slunečního záření



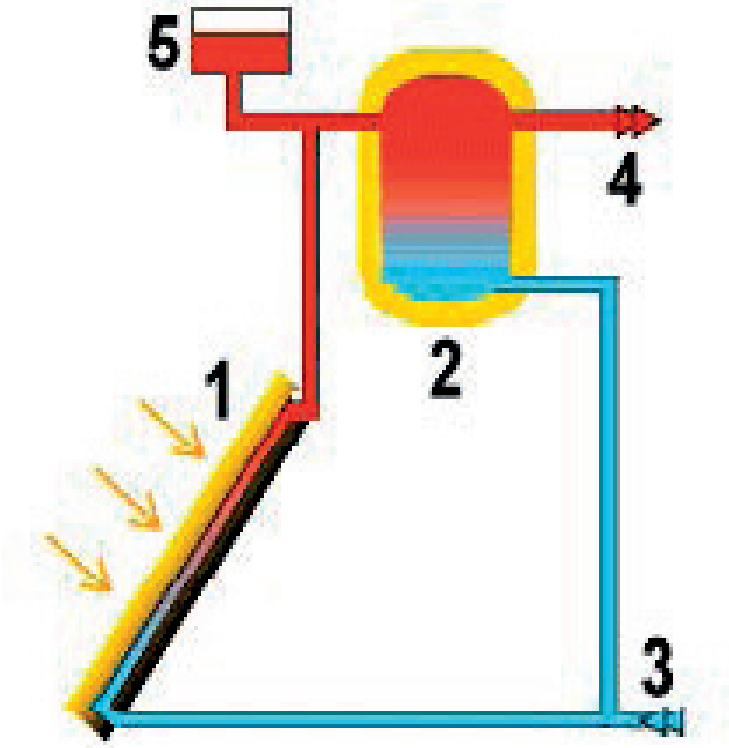
1. Solární kolektor
2. Tepelný výměník
3. Přívod studené vody
4. Odběr teplé vody
5. Oběhové čerpadlo
6. Automatická regulace
7. Expanzní nádoba

2.4 Solární systém

K vytápění nebo k ohřevu vody sluneční energií nestačí samotný solární kolektor. Připojují se k němu další prvky topné soustavy, které pak vytvoří ucelený solární systém. Hlavními prvky solárního systému jsou: kolektor, potrubí, zásobník, tepelný výměník, oběhové čerpadlo, expanzní nádoba, regulační prvky aj. Jejich parametry a vzájemné propojení určují typ systému. Může jít o soustavu pro sezónní nebo celoroční vytápění, oběh teplonosné kapaliny může být samotížný nebo nucený, jednookruhový nebo dvouokruhový. Solární ohřev vody může být kombinován i s jinými zdroji energie (elektřina, plyn). Ze všech variant se nejprve seznámíme s nejpoužívanějším **dvouokruhovým kapalinovým solárním systémem** pro celoroční přípravu teplé vody.

V tomto systému se k přenosu tepla z kolektoru do výměníku používá nemrznoucí kapalina na bázi propylenglykolu. V tepelném výměníku předává nemrznoucí kapalina stěnami měděného „hada“ teplo ohřívané užitkové vodě. Cirkulaci teplonosné kapaliny v hermeticky uzavřeném okruhu zajišťuje oběhové čerpadlo. Expanzní nádoba vyrovnává změny objemu kapaliny při různých teplotách. Automatická regulace řídí celý solární systém na základě údajů, naměřených čidly v různých částech systému.

Pro sezónní využití, například k ohřívání vody v zahradním bazénu, se používá jednodušší **jednookruhový kapalinový solární systém**. Studená voda přichází do solárního kolektoru, ohřívá se v něm a shromažďuje v tepelně izolovaném zásobníku nad kolektorem.



1. Solární kolektor
2. Zásobník teplé vody
3. Přívod studené vody
4. Odběr teplé vody
5. Expanzní nádoba

Obr. 8 Jednookruhový kapalinový solární systém a jeho praktické provedení

2.4.1 Princip solárního kolektoru

Solární kolektory můžeme charakterizovat a rozdělit podle různých hledisek. Podle tvaru se dělí na ploché, trubicové a koncentrační. Podle způsobu přenosu tepla rozlišujeme kolektory kapalinové, teplovzdušné a kombinované. Nyní si blíže všimneme nejběžnějšího typu, kterým je **plochý kapalinový kolektor**. Jeho základními stavebními prvky jsou absorbér, trubkový registr absorbéru, skříň, izolace a krycí sklo.

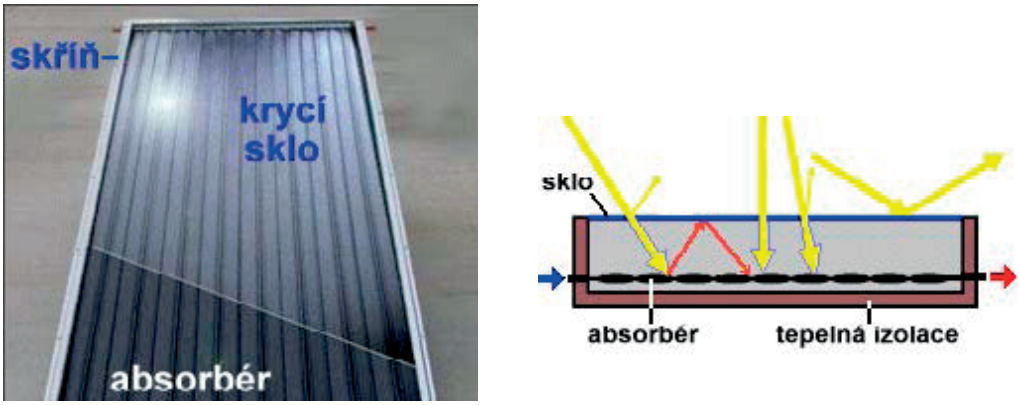
- **Absorbér kolektoru** je výkonným prvkem kolektoru.Slouží k přeměně dopadlého solárního záření příslušného spektra na využitelné teplo a převádí jej do trubkového registru naplněného solární teplonosnou kapalinou. Asi 90 % slunečního záření dopadajícího na plochu kolektoru proniká solárním sklem a předává svou energii absorbéru. Absorbér může být složen ze solárních lamel různé konstrukce, vyrobených z hliníku nebo mědi, také může být vyroben jako tzv. celoplošný z jednoho kusu plechu. U kvalitních kolektorů je absorber opatřen tzv. vysoce selektivním povrchem. Selektivní vrstva je povrch, vytvořený galvanickým pokovením nosného materiálu lamely v chemických lázních s různými přísadami. Ty mimo jiné zbarvují selektivní povrchy od zlatěhnědé přes černou až po různé odstíny tmavomodré.

- **Trubkový registr absorbéru** je nedílnou součástí absorberu, cirkuluje a ohřívá se v něm solární kapalina. Registr může být typu „ H“, „ U“ nebo tvaru meandru vyrobený většinou z Cu trubky 10×0,8 nebo 8×0,8. Způsob jeho spojení s absorberem kolektoru je důležitý pro přenos zachycené tepelné energie do teplonosné kapaliny. Lamely bývají k trubce registru nalisovány, přitlačovány pružnými spojkami, přivařeny laserem či vysokofrekvenčním pájením, případně je trubka lamelou opláštěná. Celoplošné absorbery jsou k trubce připájeny speciální pájkou.

- **Skříň** je kovová, plastová nebo dřevěná vana pro uložení absorbéru a dalších prvků. Musí být dostatečně robustní, protože slouží ke spolehlivému uchycení kolektoru na střechu nebo stěnu budovy a chrání jeho prvky před nepříznivými povětrnostními vlivy.

- **Izolace** omezuje tepelné ztráty a brání úniku tepla z absorbéru stěnami skříně. Nejčastěji se používá tepelná izolace z minerální vlny nebo polyuretanu. Musí odolávat teplotám do 200 °C a nesmí přijímat z okolního prostředí vlhkost.

- **Krycí sklo** omezuje tepelné ztráty přední stěnou kolektoru. Viditelné světlo jím snadno prochází a v absorbéru se mění na teplo. Dlouhovlnné tepelné záření však sklo nepropouští ven. Uvnitř kolektoru vzniká skleníkový jev, při kterém se zvyšuje teplota proudící kapaliny.



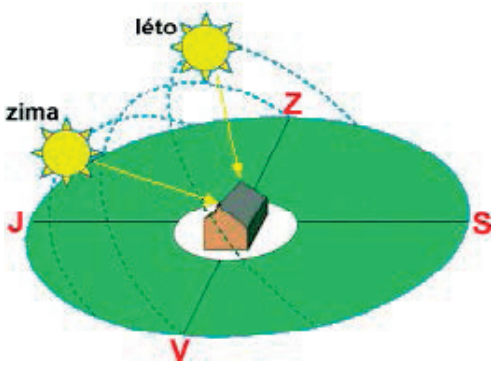
Obr. 9 Plochý kapalinový kolektor a jeho vnitřní provedení

Při instalaci kolektoru na střeše, stěně budovy, nebo na volném terénu je třeba splnit několik podmínek.

- **Konstrukce** musí být dostatečně pevná, aby dobře odolávala přírodním vlivům. Kolektor by měl být co nejblíže místu spotřeby ohřáté vody, aby se co nejvíce omezily tepelné ztráty.

- **Orientace kolektoru** je nejvhodnější natočením směrem k jihu nebo jihozápadu, aby se využila největší intenzita slunečního záření kolem poledne.

- **Sklon kolektoru** - ideální by bylo, kdyby na plochu absorbéru dopadalo záření stále kolmo. V létě je Slunce nad obzorem výš než v zimě. V létě by byl vhodný sklon kolektoru 30 °, v zimě kolem 60 °. Obvykle se jako kompromis volí sklon v rozmezí 35 °- 45 °.

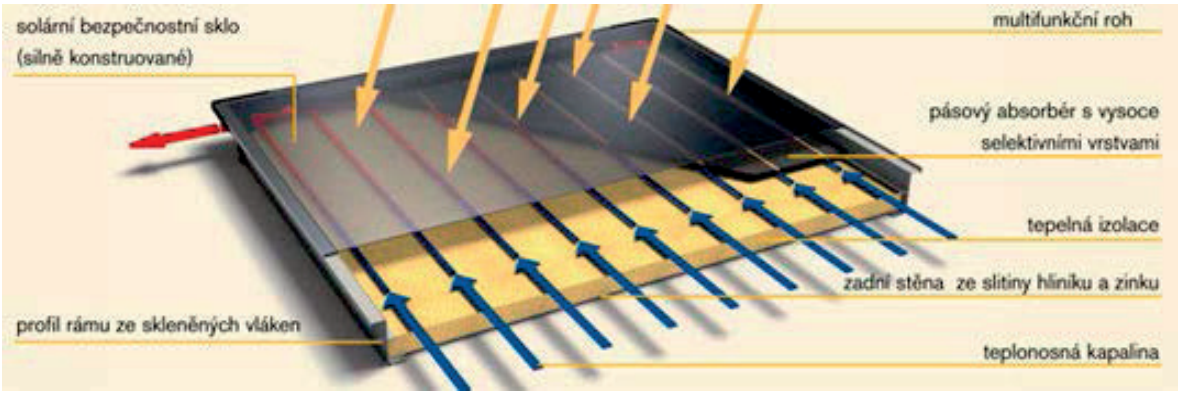


Obr. 10 Konstrukce, orientace a sklon kolektoru

2.4.2 Druhy solárních kolektorů

Ploché kolektory

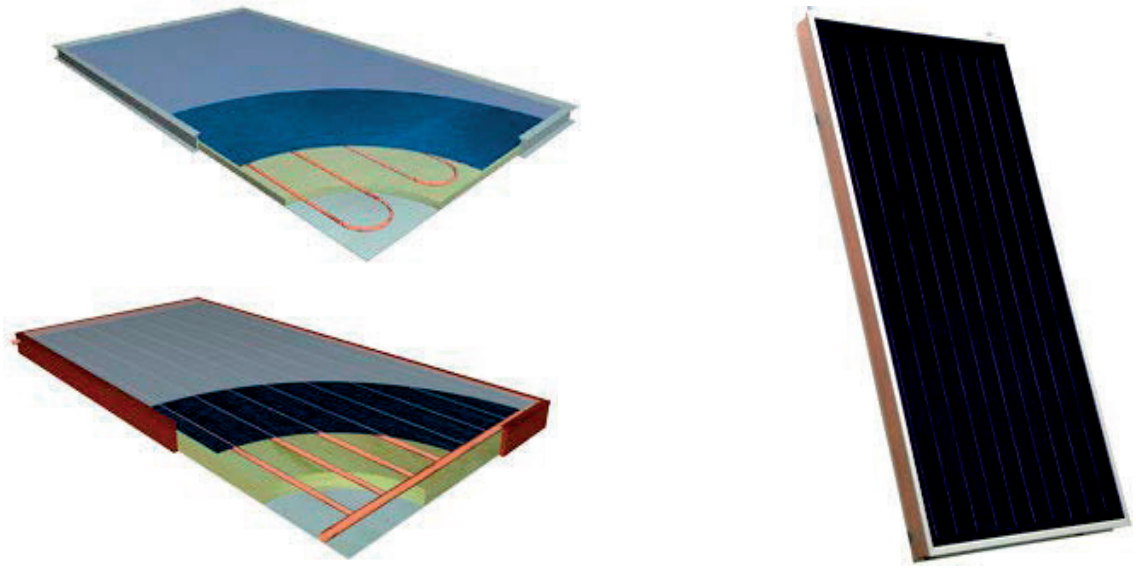
Ploché solární kolektory se obecně vyznačují plochou aperturou (zasklením) a přibližně plochým absorbérem. Základní schéma plochého solárního kolektoru je uvedeno na obrázku. Tepelně vodivý, zpravidla kovový absorbér, může být celoplošný (tvořený jedním plechem) nebo dělený (lamely).



Obr. 11 Řez plochým solárním kolektorem

Ploché deskové – vakuové

Tyto kolektory jsou principiálně téměř shodné s klasickými deskovými, ale pro zlepšení tepelně izolačních vlastností celého kolektoru je řešen jako vakuový, tzn., že v celém objemu kolektoru je vakuum. Díky tomu dochází k mnohem menším ztrátám tepelné energie do okolního prostředí.



Obr. 12 Řez plochým deskovým vakuovým kolektorem a jeho praktické provedení

2.4.3 Vakuové trubicové kolektory

Vakuové trubicové sluneční kolektory využívají jako tepelnou izolaci vakuum, vytvořené mezi dvěma skleněnými trubicemi. Na vnitřní trubici je nanesena vysoce selektivní absorpční vrstva. Získané teplo se odvádí speciálními hliníkovými lamelami.

Přednosti trubicových kolektorů vyniknou zejména:

- při nízkých venkovních teplotách
- při ohřevu vody na vysokou teplotu
- při nízké intenzitě slunečního záření
- při difúzním záření, kdy je slunce za mrakem

Charakteristika trubicových vakuových kolektorů

Kolektory založené na systému vakuových trubic si můžeme představit jako skleněnou termosku - menší trubice je vložená do větší a mezi nimi je vytvořeno vakuum, které má ideální izolační schopnosti. Vakuum v trubicích zabraňuje ztrátám tepla do okolí. Válcový tvar trubic umožňuje absorbci slunečního záření i při neoptimální orientaci kolektoru nebo při východu a západu slunce. Uvnitř skleněných trubic je uložená tzv. „tepelná trubice“ nebo „heat-pipe“, tedy absorbér vyrobený z mědi s malým obsahem teplonosné kapaliny na bázi alkoholu, která se teplem odpařuje a tím z absorbéru odebírá teplo. Páry stoupají do horní části trubice a tam kondenzují, čímž předávají teplo do okolo proudící nemrznoucí směsi solárního okruhu. Kondenzát pak stéká zpět na dno trubice a koloběh se opakuje. Teplo z nemrznoucí směsi solárního okruhu je pak přes výměník v bojleru nebo v solárním zásobníku akumulováno do topné nebo do teplé

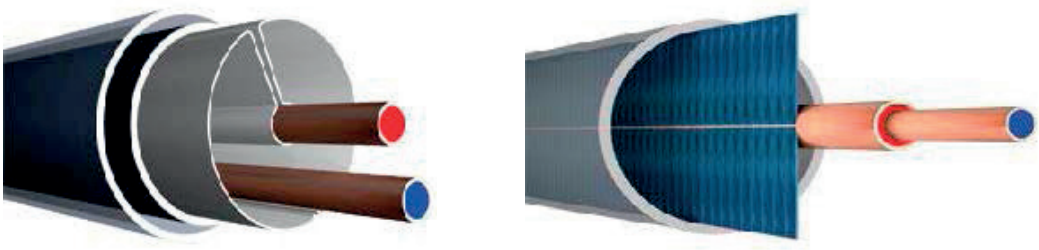
užitkové vody. Trubicové vakuové kolektory jsou díky výborným izolačním schopnostem nezávislé na teplotě okolního prostředí. Kolektor je pak oproti klasickým nevakuovaným kolektorům účinnější v přechodných obdobích a je také účinnější při získávání energie z difúzního rozptýleného záření, energetický zisk může činit až 900 kWh na čtvereční metr. Zásadní nevýhodou trubic je větší náchylnost k mechanickému poškození, které může způsobit například sněhová pokrývka a led v zimních měsících. Vakuové trubice jsou oproti nevakuovaným technologiím také 2 až 3 násobně dražší.

Rozdělení vakuových trubicových kolektorů

Termín trubkový vakuový kolektor je relativně široký pojem, který zahrnuje velké množství různých konstrukčních provedení, z nichž dva základní jsou:

- trubkové kolektory s **jednostěnnou trubkou** – tradiční „evropský“ typ. Vnitřní prostor skleněné trubky je vakuován. Kolektory s jednostěnnou trubkou a plochým absorbérem mají velmi dobrý přestup tepla z absorbéru do teplonosné látky zajištěný především ultrazvukovým, nebo laserovým navařením absorbéru na trubky s teplonosnou látkou. Tyto dnes již klasické kolektory jsou na velmi dobré technické úrovni, pracují s vysokou účinností, nicméně pro většinu aplikací jde o investičně velmi náročné řešení;

- trubkové kolektory s **dvoustěnnou trubkou (Sydney)** – dovážený „čínský“ typ je založen na válcové dvojstěnné koncentrické celoskleněné trubce, obdobné Dewarově nádobě (termoska), kde vnitřní absorpční trubka (ve funkci absorbéru s válcovým povrchem) slouží k zachycování slunečního záření a přeměně na teplo a vnější krycí trubka slouží jako ochrana před atmosférickými vlivy. Meziprostor mezi oběma skleněnými trubkami je vakuován.



Obr. 13 Jednostěnná vakuová trubka (plochý absorbér) a dvojstěnná vakuová trubka

Podle **konstrukčního uspořádání** odvodu tepla lze odlišit trubkové kolektory:

- **přímo protékané** - teplo z absorpční plochy se předává přímo do teplonosné kapaliny
- **s tepelnou trubicí** - pracovní látka tepelné trubice předává v cyklu vypařování a kondenzace teplo z výparníku (absorbéru) do kondenzátoru, který je v tepelném styku s teplonosnou kapalinou solární soustavy

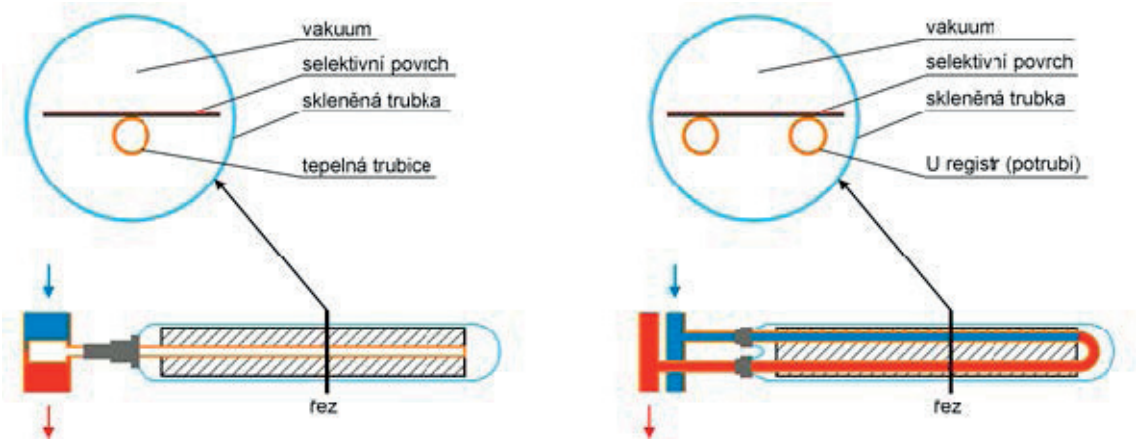
Konstrukce trubicových vakuových kolektorů:

Trubicové vakuové – klasické. Konstrukce trubicových vakuových kolektorů je založena na systému řady skleněných trubic uspořádaných konstrukčně vedle sebe. V každé trubce je vedena měděná trubička protékaná teplonosnou látkou. Tyto trubičky jsou uzavřeny v samostatných skleněných dvoustěnných vakuovaných trubicích. Tepelné ztráty trubicových kolektorů jsou díky tomu velmi malé a mohou získávat teplo i při velmi slabém slunečním záření. Výhodou těchto kolektorů je větší energetický zisk. Nevýhodou je vyšší hmotnost, vyšší cena a možnost mechanického poškození.

Trubicové vakuové – kondenzační. Princip je však založen na kondenzačním teple, které vzniká při přechodu plynné látky do kapalného stavu. Působením slunečního záření na měděnou trubičku se začne těkavá kapalina na dně trubičky zahřívat a postupně přechází vlivem vysoké teploty do plynného stavu. V horní části kolektoru se zchladí o vodorovně vedenou sběrnou trubku celého kolektoru, zkondenzuje a steče zpět na dno trubičky. Při kondenzaci se uvolní kondenzační teplo. Celý průběh se neustále opakuje v celé řadě trubic kolektoru najednou. Výhodou těchto kolektorů je vysoká účinnost a skutečnost, že i při poškození jedné trubice funguje zbytek trubic bez problémů dále.

Konstrukce trubkových vakuových kolektorů:

Jednostěnné trubkové kolektory – tvoří je jednostěnná skleněná vakuovaná trubka, v níž je umístěna lamela plochého absorbéru přivařená na měděné potrubí, nebo na výparník tepelné trubice zajišťující odvod tepla z absorbéru. Prostup potrubí skleněnou vakuovou trubkou je řešen speciálním těsněním sklo-kov. Tyto, již klasické kolektory, jsou v současnosti na vysoké technické úrovni, které však odpovídá i cena a pro většinu aplikací jde o investičně nedostupné řešení.

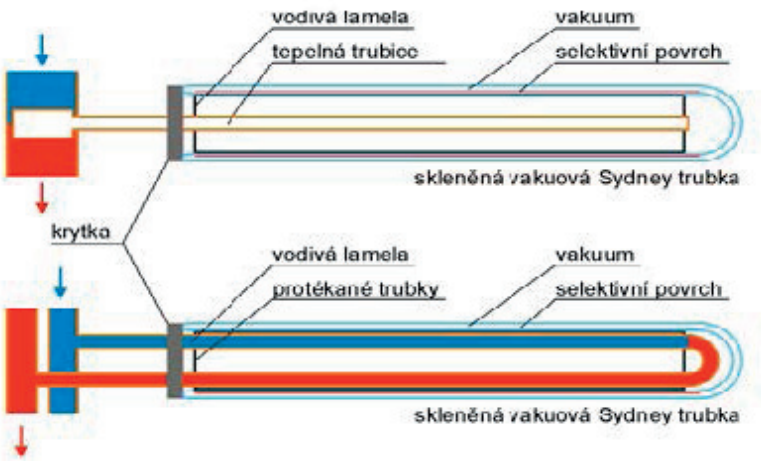


Obr. 14 Jednostěnný trubkový vakuový kolektor s tepelnou trubicí (vlevo, příčný a podélný řez) a přímo protékanou U-smyčkou (vpravo, příčný a podélný řez) (válcový absorbér, teplosměnná lamela)

Dvojstěnné trubkové vakuové kolektory – základní součástí je tzv. Sydney trubka, válcová dvojstěnná skleněná trubka, obdobná Dewarově nádobě (například součást termosek). Meziprostor mezi vnější krycí trubkou a vnitřní absorpční trubkou je vakuován. Vnější povrch vnitřní absorpční skleněné trubky je opatřen selektivním absorpčním povrchem. Vakuum zajišťuje nízké tepelné ztráty z absorbéru do okolí, selektivní povrch zajišťuje vysokou pohltivost slunečního záření a nízkou emisivitu absorpční plochy, a tedy nízké tepelné ztráty zářením z absorbéru.

Je nutné odlišit dva kvalitativně odlišné typy Sydney trubek z hlediska absorpčního povrchu. Sydney trubky mohou být opatřeny standardními povlaky, které vykazují pohltivost v oblasti 0,86 až 0,92 a emisivitu zhruba 0,08 (stagnační teploty okolo 200 °C) nebo vysoce kvalitními povlaky s hodnotami pohltivosti až 0,96 a emisivity okolo 0,04 (stagnační teploty 300 až 350 °C).

Obr. 15 Příčný řez vakuovou Sydney trubkou s tepelnou trubicí (vlevo) a přímo protékanou U trubkou (vpravo). Přenos tepla z absorbéru (tučně zvýrazněn) zajišťuje vodivá lamela

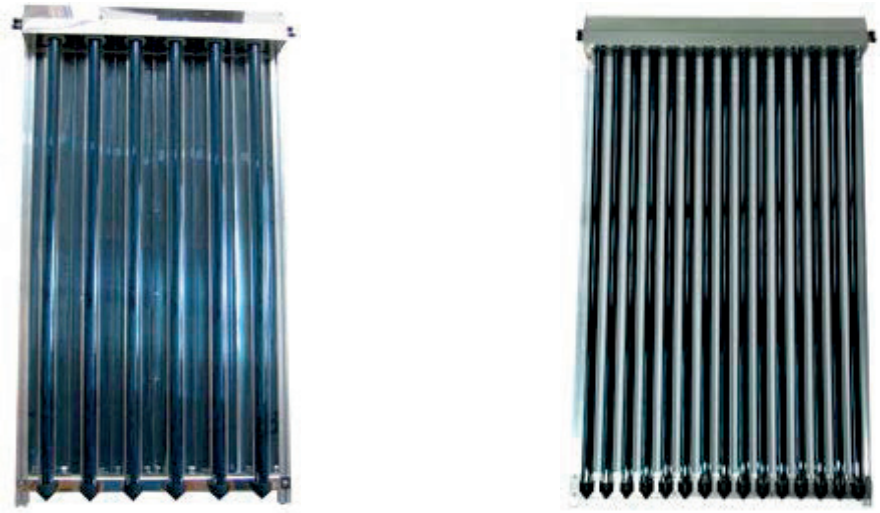


Obr. 16 Podélný řez vakuovou Sydney trubkou s tepelnou trubicí (nahoře) a přímo protékanou U-trubkou (dole)

Účinnost vakuových kolektorů

Trubice je tvořena dvěma skleněnými souosými trubkami, mezi kterými je vakuum. Konce trubek jsou zataveny do sebe, takže stabilita vakua je garantována po dlouhou dobu. Absorbér kolektoru je tedy obklopen vakuem, které je ideální izolací a minimalizuje tepelné ztráty stejně, jako je tomu například u termosky. Díky tomu se i minimální tepelné zisky za nepříznivého počasí neztrácí a ohřívají kapalinu v kolektoru. Kolektor vystavuje stejnou plochu dopadajícímu slunci ráno, v poledne i večer. Jeho výkon se nesnižuje kvůli malému úhlu dopadu slunečního záření jako u plochých kolektorů.

Trubicové kolektory vyvíjíme a vyrábíme v České republice. Jejich výborné parametry a mechanická odolnost jsou ověřeny certifikací v autorizované zkušebně podle **nejnovější** evropské normy EN 12975-2. Tato norma zahrnuje mimo jiné měření výkonu a účinnosti, měření mechanické odolnosti včetně odolnosti proti kroupám a dlouhodobou odolnost povětrnostním vlivům.



Obr. 17 Různé provedení vakuových trubkových kolektorů

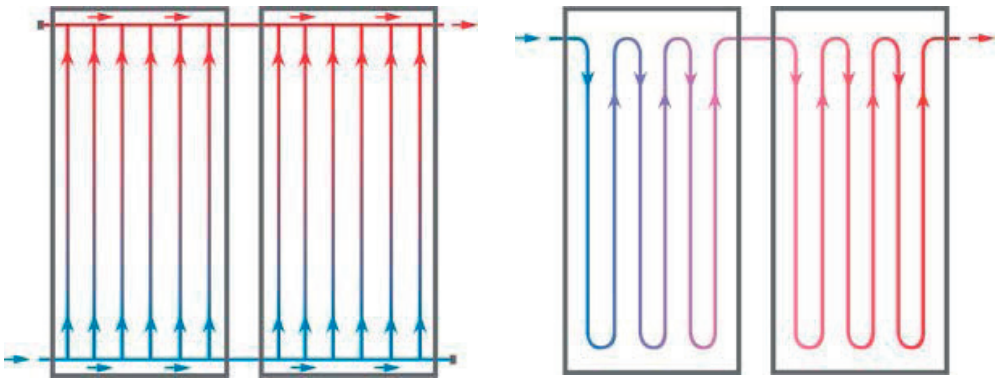
2.4.4 Zapojení kolektorů

Zapojení kolektorů do kolektorového pole má zaručit stejnoměrný průtok všemi kolektory, resp. všemi trubkami registru uvnitř kolektoru. Pouze tak mohou solární kolektory předat svůj výkon. Aby byly vyloučeny oblasti s podprůtoky, které pak v provozu stagnují a nepodílí se na dodávce tepla do soustavy, je nutné zajistit hydraulické vyvážení jak celých kolektorových polí, tak jednotlivých solárních kolektorů.

Nedoporučuje se zapojovat kolektory s lyrovým trubkovým registrem do polí o více než 6 kolektorech. Naproti tomu kolektory s meandrem mezi centrální rozvodnou a sběrnou trubkou mají tlakovou ztrátu vlivem hydraulicky náročného meandru okolo 10 kPa a umožňují zapojit paralelně daleko více kolektorů.

V případě low-flow režimu u velkých solárních soustav je možné maloplošné solární kolektory, které jsou zpravidla hydraulicky navržené na vysoké průtoky okolo 75 1/(h.m^2),

zapojit do série. Tím je zachován nominální průtok kolektorem a účinnost kolektoru, rozdělení průtoku v kolektorech je rovnoměrné díky dostatečné tlakové ztrátě ve spojovacích trubkách oproti rozvodné a sběrné. V případě paralelního zapojení může docházet jednak ke snížení účinnosti kolektoru vlivem horšího přestupu a odvodu tepla uvnitř trubek a také k poruše hydraulického vyvážení trubkového registru. Obě zapojení jsou uvedena na obrázku č. 23. Pro oba případy je použit low-flow režim s průtokem kolektorovým polem 15 l/(h.m^2).



Obr. 18 Způsoby zapojení maloplošných solárních kolektorů (paralelní, sériové)

2.5 Navrhování plochy solárních kolektorů

Návrh solární soustavy vždy začíná návrhem velikosti celkové plochy solárního kolektoru. Potřebnou plochu je možné spočítat až na základě výběru konkrétního výrobního typu solárního kolektoru. Plocha kolektorového pole se stanoví z parametrů solárního kolektoru, klimatických podmínek, bilance tepelných ztrát solární soustavy a potřeby tepla, která má být solárními zisky kryta na základě zvolených rozhodovacích kritérií. Ty však mohou být obecně různé a je nutné znát je předem:

- **Ekonomické řešení** pro docílení vysokých měrných zisků solární soustavy – soustava je navržena na nízké solární pokrytí potřeby tepla zpravidla od 10 do 40 % u solární přípravy teplé vody a do 10 % u solárního vytápění, což zajišťuje vysoké využití zisků zpravidla bez nutnosti maření v letním období, vysokou účinnost vlivem nízké provozní teploty soustavy a vede k dosažení výhodných ekonomických parametrů solární soustavy.

- **Ekologické řešení** pro docílení vysokých celkových zisků – soustava je navržena na vysoké solární pokrytí spotřeby tepla, zpravidla na vyšší než 50 % u solární přípravy teplé vody a více než 15 % u solárního vytápění ve snaze o maximální nahrazení primárních paliv a úsporu emisí.

- **Optimalizované řešení** s požadovaným solárním pokrytím, např. 50 % s ohledem na zamezení letnímu přehřívání, avšak s udržitelnou ekonomikou provozu.

- **Řešení omezené** podmínkami struktury budov – maximální velikost střechy, možný sklon kolektorů, architektonické souvislosti.

Dosažení vysokých měrných zisků solární soustavy a vysokého solárního pokrytí je v protikladu. Nelze obecně říci, který z obou krajních konceptů návrhu je lepší, zda ekonomický či ekologický. Záleží vždy na požadavku investora a za správně navrženou soustavu je možné považovat takovou, která splňuje očekávání investora.

Nejčastější chybou při návrhu plochy solárních kolektorů je nesprávné posouzení spotřeby teplé vody nevhodným odhadem počtu obyvatel a jejich spotřeby, nedostatečným měřením nebo nezohledněním letního propadu odběru. Chybné vstupní předpoklady vedou zpravidla k předimenzování solární soustavy, vysokým přebytkům tepla v letním období, nízkým ziskům a vysoké ceně solárního tepla.

Výběr optimálního typu kolektoru pro dané použití

Základním kritériem pro volbu vhodného typu solárního kolektoru je to, jakou teplotu na něm potřebujeme dosáhnout (přesněji řečeno – jaký je rozdíl mezi teplotou kolektoru a okolí). Při výběru nám pomůže znalost účinností křivky kolektoru, která popisuje jeho účinnost při různých rozdílech teplot mezi absorbérem a okolím a při různých intenzitách slunečního záření.

Při ohřevu vody pro koupací bazén v létě stačí nejlevnější plastový absorbér. Při ohřevu teplé užitkové vody lze použít kolektor s neselektivním povrchem a jedním zasklením. Použití selektivního povrchu přinese znatelné zvýšení účinnosti, současně, ale také zvýšení pořizovacích nákladů.

Dalším hlediskem, které ovlivní náš výběr, je možnost umístění kolektorů. Pokud nelze dodržet optimální sklon a orientaci kolektorů nebo potřebujeme-li získat maximum energie z omezené plochy, je vhodné použít kolektory s menšími ztrátami. V místech s častou oblačností mohou být vhodné vakuové kolektory, které mohou pracovat i při nízké úrovni záření a zužitkovat i rozptýlené záření, které je k dispozici při mírně zatažené obloze. Při projektování a následné montáži je nutné zohlednit všechna specifika navrhované solární soustavy a přistupovat k němu jako k celku.

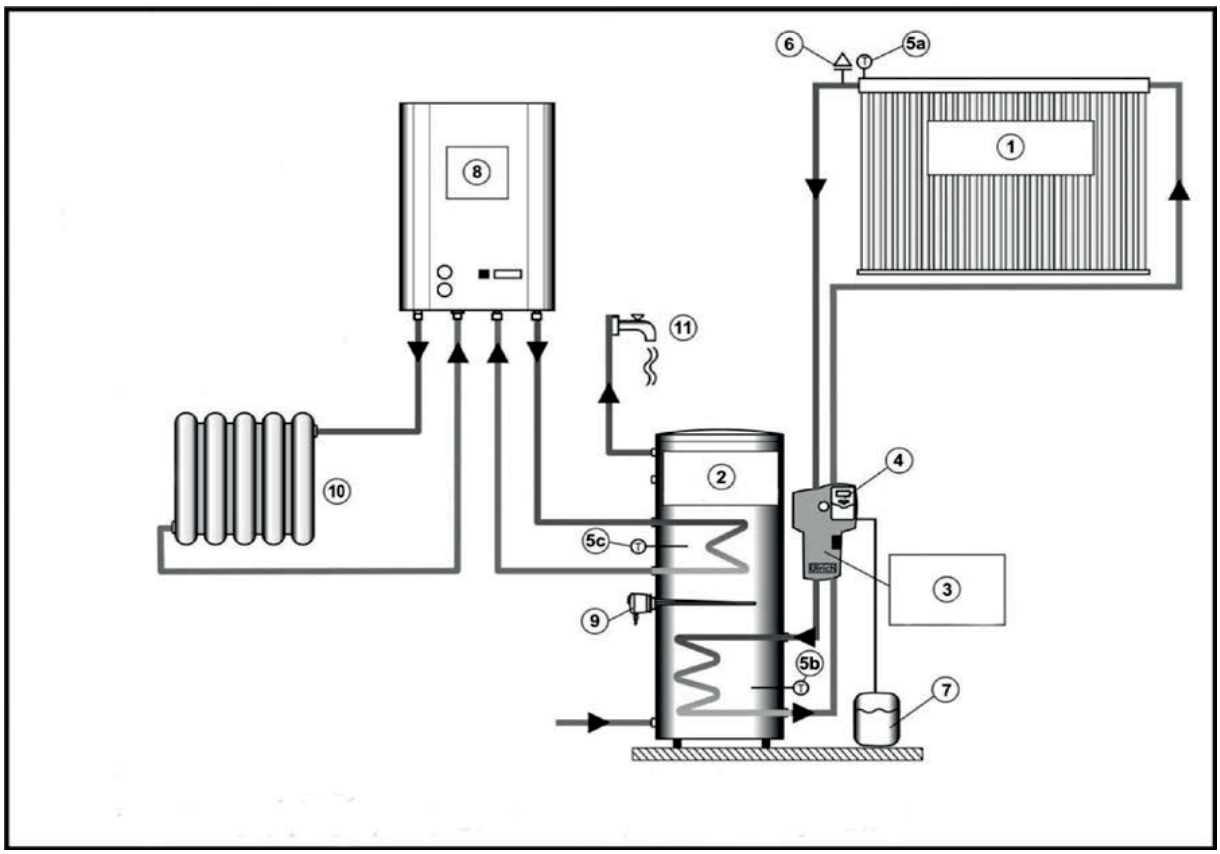
2.5.1 Záložní zdroj energie

Při využívání solárních systémů nemůžeme v praxi docílit stálé teploty vody v zásobníku. Příčinou bývá nestálý svit slunce, střídání den - noc. Tento „problém„ se dá vyřešit mnoha způsoby. Do solárního obvodu můžeme zařadit další vhodné tepelné zdroje. Dle možnosti se dá zařadit plynový kotel, kotel na pevná paliva, elektrická spirála, tepelné čerpadlo. Je samozřejmé, že se musí do obvodu zařadit také vhodné regulační zařízení, které požadovanou teplotu regulací udržuje. Pro názornost uvádíme základní zapojení:

Typický solární systém pro ohřev TUV

Typickým solárním systémem pro ohřev teplé užitkové vody jsou solární sestavy. Uvádíme zjednodušené schéma takového systému, kde je znázorněna funkčnost.

Vzhledem k tomu, že sluneční energie není vždy k dispozici nebo není v dostatečném množství, **obsahuje typický solární systém vždy další zdroj tepla**. Teplá užitková voda je ohřívána v solárním bojleru pomocí dvou okruhů, solárního okruhu (spodní výměník) a okruhu dalšího tepelného zdroje (horní výměník). Navíc je možno jako další zdroj použít elektroohřev.



Obr. 19 1- Sluneční kolektor, 2-trivalentní sluneční bojler (2 x výměník, 1 x elektroohřev), 3- hydraulická skupina, 4- solární regulace, 5a- čidlo teploty slunečního kolektoru, 5b- spodní čidlo teploty bojleru, 5c- horní čidlo teploty bojleru, 6- automatický odvzdušňovač, 7- expanzní nádoba, 8- další zdroj (kotel, krb..), 9- elektrická spirála, 10- ústřední vytápění, 11- odběrní místo TUV

Solární zásobníky

Zásobníky tepla mají v solární technice významnou roli, často se o nich hovoří jako o srdci solární soustavy. Slouží pro akumulaci tepelné energie přiváděné z kolektorů nepravidelně podle klimatických podmínek pro pozdější využití při proměnlivém odběru. Z praxe vyplývá poznatek, že solární soustava se sebelepším solárním kolektorem v kombinaci s nevhodně navrženým zásobníkem bude vykazovat nízké celkové zisky a zajistí nízké pokrytí potřeby tepla. Ekonomicky přijatelnými pro praktická řešení solárních soustav v bytových domech jsou vodní zásobníky.

Zásobníky teplé vody

Zásobníky teplé vody slouží k akumulaci tepla přímo do připravované teplé vody a podléhají hygienickým požadavkům na pitnou vodu. Zásobník musí být na vnitřní straně ve styku s vodou opatřen povrchovou úpravou s hygienickým atestem a vysokou trvanlivostí nebo vyroben z nerezové oceli.

Zásobníky tepla
Pro akumulaci tepla se využívá běžných ocelových nádrží bez vnitřní úpravy. Zásobníků tepla se v bytových domech využívá jak pro solární soustavy k přípravě teplé vody, tak pro kombinované soustavy s přitápěním.

Tlakové zásobníky
Tlakové zásobníky jsou konstrukčně navrženy a vyrobeny pro provoz za tlaků běžných ve vodovodním rozvodu (zásobníky teplé vody, 0,6 až 1 MPa) nebo v otopné soustavě (zásobníky tepla, 250 až 300 kPa).

Beztlaké zásobníky
U beztlakých zásobníků tepla je výhodou menší tlakové namáhání a z toho vyplývající menší potřebné tloušťky stěn ocelových zásobníků, nebo použití lehkých a levnějších materiálů, např. plastů, sklolaminátů, apod. Používají se zvláště u větších objemů či rekonstrukci, kde je potřeba umístit velkoobjemový zásobník ve špatně dostupných prostorech a je nutné jej sestavit na místě. Výroba na místě klade požadavky na přísnou kontrolu provedené práce. U beztlakých zásobníků tepla odpadá instalace expanzní nádoby.

Přehřívání solární soustavy

V letních dnech při teplotách nad 25-30 ˚C může dojít ke zvýšení teploty na kolektoru asi na 130-140 °C. Následně může dojít k tomu, že se v horní části vytvoří pára. Čerpadlo bude pracovat na 100 %, ale solární kapalina nebude mít požadovaný oběh. Zároveň v systému stoupne tlak ze 3 barů až na 5,2 baru. Za této situace může dojít k velmi vážnému poškození celého systému.

2.5.2 Transportní systém

Teplonosná kapalina
Pro celoroční použití solárních soustav v bytových domech se v kolektorovém okruhu s ohledem na ochranu soustavy v zimním období před poškozením mrazem využívá nemrznoucí směsi. Nejpoužívanější teplonosnou kapalinou v solárních soustavách je v současnosti směs netoxického (mono)propylenglykolu a vody s inhibitory koroze. Směs se zpravidla používá v objemovém ředění 40 až 50 % propylenglykolu podle požadované teploty tuhnutí. Od výrobce jsou směsi obvykle míchány na teplotu tuhnutí okolo -30 °C a již se dále neředí.

Potrubí
Základním požadavkem na potrubí kolektorového okruhu je především jejich funkčnost a životnost. Návrh materiálu potrubí rozvodů solárních kapalinových soustav musí odpovídat druhu a použití soustavy. Nejpoužívanějším materiálem jsou měděné trubky, které umožňují rychlou montáž (pájení, lisování, svěrné spojení). Výhodou je použití stejného materiálu jako u trubkových registrů kolektorů a omezení rizika elektrochemické koroze. Použití ocelových trubek pro kolektorový okruh je principiálně možný, nicméně montáž je velmi pracná a zdlouhavá. Ocelové trubky se používají především u solárních soustav,

kde měděné potrubí ve velkých světlostech nad 35 mm je velmi drahé. Nevhodné jsou pozinkované trubky, protože vrstva zinku chemicky reaguje s propylenglykolem a způsobuje korozi.

Tepelná izolace

Kromě hlavní funkce je důležitým požadavkem na tepelné izolace jejich životnost. Tepelná izolace by měla být odolná vůči teplotám nad 150 °C, u venkovních rozvodů je navíc nutná ochrana proti UV záření a nenavlhavost. Nejčastěji se používají návlekové tepelné izolace na potrubí na bázi EPDM s uzavřenou strukturou odolnou vůči vlhkosti, minerální vlna kašírovaná hliníkovou síťovou folií, optimálně opláštěna hliníkovým plechem kvůli ochraně před vlhkostí a poškozením způsobeným ptáky či hlodavci. Při návrhu tloušťky tepelné izolace rozvodů solárních soustav se lze řídit vyhláškou určenou obecně pro tepelné soustavy. Vyhláška stanovuje minimální požadovaný součinitel prostupu tepla U [W/(m.K)] pro různé rozsahy světlosti potrubí, případně možnost určení tloušťky tepelné izolace optimalizačním výpočtem. Nedostatečné zaizolování rozvodů kolektorového a zásobníkového okruhu, případně použití nevhodného materiálu jsou nejčastějšími chybami montáže solárních soustav. Evropská norma pro průmyslově vyráběné solární soustavy doporučuje navrhovat tloušťku izolace 20 mm pro potrubí do vnějšího průměru 22, tloušťku 30 mm pro potrubí s vnějším průměrem 28 až 42 mm, a pro větší dimenze potrubí dodržet tloušťku izolace stejnou jako vnitřní průměr potrubí, přičemž tepelná vodivost materiálu izolace je uvažována ≤ 0,040 W/(m. K).

Oběhová čerpadla

V solárních soustavách se používají nejčastěji mokroběžná odstředivá oběhová čerpadla s přepínáním otáček, která jsou vyráběna v provedení vhodném pro použití s nemrznoucí směsí a při zvýšených teplotách. Při výběru oběhového čerpadla by měl pracovní bod solární soustavy ležet v oblasti maximální účinnosti čerpadla. Na trhu jsou k dispozici oběhová čerpadla s přizpůsobenou charakteristikou, která dosahují vysoké účinnosti v typické provozní oblasti solárních soustav (nízký průtok, vysoká tlaková ztráta). Stále více se uplatňují energeticky úsporná oběhová čerpadla s rotory z trvalých magnetů. Pro snížení spotřeby pomocné elektrické energie je možné použít oběhová čerpadla na stejnosměrný proud napojená na fotovoltaické moduly. V době provozu solární soustavy je k dispozici elektrický proud z fotovoltaických modulů.

Výměníky tepla

Pro přenos tepla mezi kolektorovým okruhem a solárním zásobníkem je u solárních soustav do 20 m^2 možné použít vnitřních trubkových výměníků z hladkých nebo žebrovaných trubek. Nad 20 m^2 je vhodné použít deskový výměník tepla s odpovídajícím výkonem a dostatečným vychlazením teplonosné kapaliny přispívajícím k účinnému provozu solární soustavy.

Pro výpočet výměníků tepla se doporučuje použít nejnovějších programů, které umožňují zadávat různé provozní podmínky, vybírat z dostupných výměníků a teplonosných kapalin a optimalizovat návrh výměníku pro danou aplikaci.

Pojistný ventil
Pojistný ventil chrání primární okruh solární soustavy proti nedovolenému přetlaku. Otevírací přetlak pojistného ventilu se volí zpravidla nad 500 kPa, určuje maximální tlak v soustavě s ohledem na tlakovou odolnost nejslabšího prvku solární soustavy (zpravidla výměník nebo kolektor), určuje tlakový stupeň expanzní nádoby a nepřímo i její velikost. Světlost pojistného ventilu se volí podle maximálního výkonu pole solárních kolektorů, který má odvést. Pojistný výkon se stanovuje pro nulové tepelné ztráty kolektoru a sluneční ozáření 1000 W/m^2. Zároveň s pojistným ventilem by měl být instalován i tlakoměr a teploměr.

Expanzní nádoba
Solární soustava musí být vybavena expanzním zařízením, které umožňuje změny objemu teplonosné kapaliny vlivem objemové roztažnosti bez nedovoleného zvýšení tlaku a zbytečných ztrát kapaliny způsobených otevřením pojistného ventilu, a to ani v případě stagnace při maximálních teplotách a tvorbě páry v kolektorech. Objem expanzní nádoby kolektorového okruhu solární soustavy musí být stanoven výpočtem, který zohledňuje nárůst objemu teplonosné kapaliny v kolektorovém okruhu ze studeného stavu do ohřátí na maximální provozní teplotu, vytlačení celého objemu teplonosné kapaliny z kolektorů a přívodních potrubí při možném vývinu páry a provozní rozsah tlaku solární soustavy od minimálního plnícího tlaku po maximální provozní tlak. Z praktických zkušeností lze pro běžně provozované solární soustavy při provozním rozsahu od 200 až 600 kPa orientačně odhadnout velikost expanzní nádoby 2 až 3 l/m^2 kolektorového pole.

Odvzdušnění
Po instalaci a napuštění solární soustavy teplonosnou kapalinou je nutné ze soustavy odstranit zbytkové plyny (vzduch) nerozpuštěné i rozpuštěné v kapalině. Kromě zvukových projevů (bublání, šum) způsobuje přítomnost vzduchu zvýšenou náchylnost soustavy ke korozi, omezuje chlazení motoru čerpadel a snižuje přenosové vlastnosti kapaliny. Pro odstraňování nerozpuštěných plynů se používají automatické odvzdušňovací ventily s ručním uzavíráním nebo jednoduché ruční odvzdušňovací ventily instalované na nejvyšší místa solárního okruhu na výstupu z kolektorů.

Regulace
Elektronická regulace je důležitým prvkem solární soustavy, neboť řídí její bezobslužný automatický provoz. Pro velkoplošné solární soustavy v bytových domech se používají buď cenově dostupné sériově vyráběné regulátory, které integrují řadu funkcí a umožňují volit různá zapojení, nebo na míru programované regulátory, vybavené navíc kompletním systémem měření, sběru a vyhodnocení údajů o solární soustavě s výstupem na webové rozhraní pro potřeby ovládání a monitoringu. Regulátor solární soustavy pro bytový dům má za úkol především optimálně řídit nabíjení a vybíjení solárních zásobníků.

Provozní údržba

- I přes kvalitní návrh a instalaci solární soupravy se po určité době projeví stárnutí prvků a materiálů. Za nejčastější nedostatky zjištěné u solárních soustav po uplynutí 15 – 20 let jsou považovány úniky nemrznoucí směsi netěsnostmi v kolektorovém okruhu, degradace tepelné izolace ve venkovním prostředí a často související koroze potrubí. Proto je zapotřebí zajistit dostatečnou údržbu solární soupravy, která by měla být prováděna alespoň každé dva roky.

3. Fotovoltaické systémy

Fotovoltaika je princip přeměny světla na elektrickou energii pomocí polovodičové diody. Soustava velkoplošných diod vytváří panel a pole panelů tvoří elektrárnu, která pak při plném slunečním svitu může dodat výkon až 200 W/m^2. Existuje mnoho typů instalací panelů. Některé jsou pevné, jiné se otáčí za sluncem. Mohou být instalovány volně, nebo integrované na budovy. Existuje více typů polovodičových materiálů, z kterých jsou panely vyrobeny. Díky výkupním tarifům je takto vyrobená energie vykupována dodavatelem za několikanásobek běžné ceny. To zaručuje, že provozování fotovoltaické elektrárny je ekonomicky výhodné a investice se vrátí maximálně do 15 let, což je asi polovina reálné životnosti elektrárny. Z hlediska životního cyklu způsobuje elektrárna asi pětinové emise CO_2 ve srovnání s konvenčními zdroji v ČR.

Integrace elektrárny do budovy má v našich klimatických podmínkách největší smysl z hlediska celkového efektu. Spotřeba jedné domácnosti pokryje střešní instalace o velikosti přibližně 30 m^2 a pokrytí celé zastavěné plochy ČR fotovoltaikou by zhruba uspokojilo veškerou naši spotřebu elektřiny.

3.1 Základní pojmy

- **Fotovoltaika (photovoltaic)** - složenina řeckých slov „phos" (světlo) a volt (jméno italského fyzika Alessandra Volty).
- **Fotovoltaický (solární) článek** - polovodičová součástka schopná přeměňovat sluneční světlo na energii.
- **Fotovoltaický (solární) panel** – několik do série zapojených fotovoltaických článků.
- **Fotovoltaická (sluneční) elektrárna** – složení několika solárních panelů, měničů napětí, převádějící vyrobený stejnosměrný proud na střídavý, jističů a zařízení k ochraně FVE proti úderu blesku nebo přepětí v síti, elektroměrů pro evidenci vyrobené a dodané elektřiny do sítě a propojovací kabeláže.
- **Watt peak (Wp)** - jednotka označující špičkový výkon fotovoltaického panelu za ideálních podmínek, tzn. výkon panelu při standardním kondičním testu (intenzita záření 1000 W/m2, spektrální šířka AM 1,5, teplota článku 25°C).

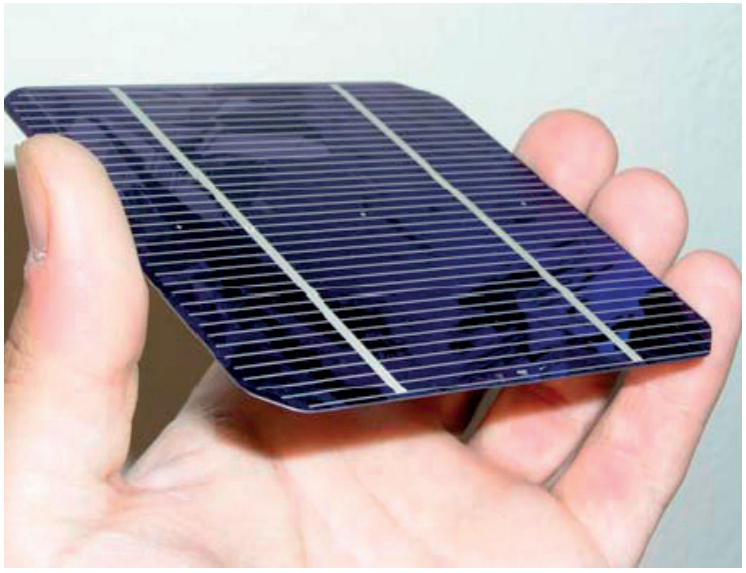
3.2 Historie fotovoltaiky

Za objevitele fotoelektrického jevu (nesprávně označováno jako fotovoltaický jev) je považován francouzský fyzik Antoine César Becquerel (1788 - 1878). Fotoelektrický (fotovoltaický) jev popsal v roce 1939 při pokusu s elektrodami ponořenými do elektrolytu, kdy zjistil změny napětí na elektrodách v závislosti na slunečním záření.
Jeho syn Alexandre Edmond Becquerel, (1820–1891) a vnuk Antoine Henri Becquerel (1852 - 1908), nositel Nobelovy ceny za fyziku, kráčeli v jeho šlépějích a věnovali se dále studiu fyziky.

První solární článek vytvořil v roce 1883 americký vynálezce Charles Fritts. Jeho fotočlánek byl vyroben ze selenového polovodiče potaženého tenkou vrstvou zlata a jeho účinnost byla pouhé 1 %, což vzhledem k vysoké ceně bylo pro výrobu elektřiny nevyhovující. Fotoelektrický jev fyzikálně popsal v roce 1905 Albert Einstein (1979–1955) ve svém díle: „Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt“, za který v roce 1921 získal Nobelovu cenu za fyziku. Nobelova cena za fyziku mu tedy nebyla udělena za teorii relativity (jak se většina lidí domnívá), ale právě za popis fotoelektrického jevu.

Solární článek si nechal v roce 1946 patentovat (US Patent 2402662) americký inženýr Russell Shoemaker Ohl (1898 - 1987), který pracoval na výzkumu materiálů pro telekomunikační firmu AT&T Bell Laboratories (známé jako Bellovy laboratoře), kde byl také roku 1954 vynálezci G. L. Pearson, Daryl Chapin, Calvin Fuller vyroben první solární článek založený na monokrystalickém křemíku s účinností cca 6 %.

Primárním impulsem pro rozvoj fotovoltaiky byl nástup kosmonautiky, kdy solární články začaly sloužit jako zdroj energie pro vesmírné družice. První družicí, jejíž solární články napájely po 7 let jeden z jejích vysílačů, byla v roce 1958 americká družice Vanguard I.



Obr. 20 Fotovoltaický solární panel

3.3 Fyzikální podstata fotovoltaické přeměny energie

K fotovoltaické přeměně energie elektromagnetického záření na energii elektrickou dochází v polovodičových fotovoltaických článcích. Nejběžnější jsou FV články na bázi krystalického křemíku.
Podle typu nosiče náboje dělíme polovodiče na vlastní nebo příměsové. Příměsové polovodiče mohou být dopované typu N (majoritní nosiče náboje jsou elektrony) nebo typu P (majoritní nosiče náboje jsou díry, které se chovají jako částice s kladným nábojem).
Pokud uvažujeme křemík, který obsahuje 14 elektronů, má krystalickou strukturu diamantu, pak každý atom Si je obklopen čtyřmi nejbližšími sousedy. Poslední čtyři elektrony (valenční) vytvářejí s těmito sousedy kovalentní vazby. Energie volného elektronu, který nepodléhá působení žádných sil, může nabývat různých hodnot. Naproti tomu energie elektronu v krystalu křemíku nabývá pouze určitých hodnot v důsledku pohybu v poli periodického potenciálu. Tyto hladiny energie jsou rozděleny do pásů nazvaných „pásy dovolených energií“. Pásy dovolených energií jsou odděleny „pásy zakázaných energií“.
Důležitou roli hrají tyto pásy: valenční pás (za velmi nízkých teplot poslední obsazený pás), poslední zakázaný pás a vodivostní pás (za velmi nízkých teplot první neobsazený). Valenční pás sestává z energetických stavů valenčních elektronů. Protože těchto stavů je stejný počet jako valenčních elektronů v celém krystalu, budou za velmi nízkých teplot všechny obsazené. Po valenčním pásu následuje pás zakázaných energií, tzn., že žádný elektron nemůže mít energii odpovídající stavu v tomto pásů. Dále následuje pás vodivostní, jehož stavy za velmi nízkých teplot nejsou obsazené. Uvnitř pásů dovolených energií jsou rozdíly mezi jednotlivými energetickými hladinami neměřitelně malé. Nejvyšší energetická hladina valenčního pásu se označuje E_V, nejnižší hladinu vodi-

vostního pásu zpravidla značíme E_C. Šířka zakázaného pásu je tedy $\Delta E_G = E_C - E_V$. Důležitou energetickou hladinou je tzv. Fermiho energie E_F. U vlastního polovodiče (např. čistého křemíku) leží Fermiho energie uprostřed zakázaného pásu. V nejnižším energetickém stavu valenční elektrony úplně obsazují všechny hladiny ve valenčním pásu, nemohou zprostředkovat vedení elektrického proudu.

Dodáním energie např. tepelné (fonon) nebo světelné (foton) některé elektrony přejdou do vodivostního pásu. Valenční i vodivostní pásy se stanou pásy částečně obsazenými. V energetickém schématu se to projeví tak, že tyto elektrony uvolní energetické hladiny ve valenčním pásu a obsadí hladiny s vyšší energií ve vodivostním. Stanou se tak elektrony, které mohou zprostředkovat vedení elektrického proudu. U některých atomů křemíku tak vznikla prázdná místa. Buď zde mohou opět uvíznout volné elektrony, což se v energetickém schématu projeví jako zpětné přestupy elektronů z vodivostního pásu na příslušné hladiny ve valenčním pásu, nebo sem mohou přeskakovat elektrony od sousedních atomů.

Tím se ale prázdná místa posunou k sousedním atomům a dalšími podrobnými přeskoky se mohou dále posunovat. V elektrickém poli se volné elektrony se volné i přeskakující valenční elektrony posunují proti směru intenzity elektrického pole, neboť mají záporný elektrický náboj. To znamená, že prázdná místa se posunují ve směru pole. Prázdné místo se tedy chová jako částice s kladným nábojem a jinou hmotností, než jakou má volný elektron. Tato částice se označuje „díra“.

Ve vlastním polovodiči uvolnění jednoho elektronu z valenčního pásu znamená vznik jedné díry, počet volných elektronů a děr je tedy stejný. Krystal navenek zůstává elektricky neutrální. Je-li generace páru elektron-díra vyvolaná dopadajícím fotonem, energie fotonu musí být větší nebo rovna šířce zakázaného pásu. Fotony s menší energií polovodičem procházejí a fotony s větší nebo rovnou energií generují páry elektron-díra a tak se pohlcují. Křemík má šířku zakázaného pásu zhruba , je proto transparentní pro fotony s nižšími energiemi, kterým odpovídají vlnové délky zhruba větší než $\lambda \geq 1000nm$.

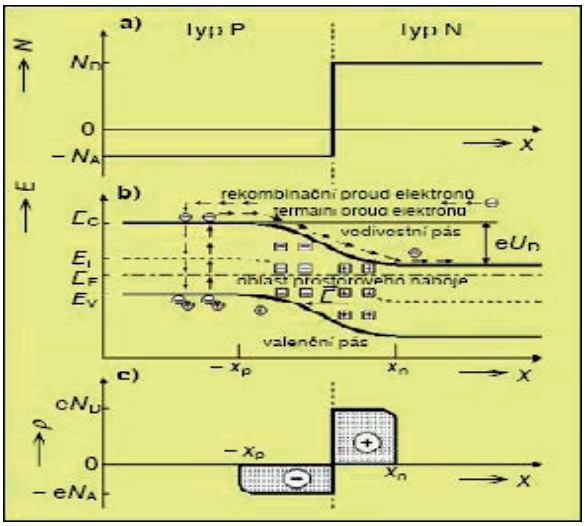
3.3.1 PN přechod

PN přechod vzniká tehdy, jestliže část krystalu je dotována jako polovodič typu P a sousední část je dotována jako polovodič typu N. V místě přechodu je gradient koncentrace volných nosičů N ve směru přechodu, který je na obrázku ztotožněn se směrem x, N_D je koncentrace donorů, N_A je koncentrace akceptorů.

Část volných elektronů tedy přejde u oblasti typu N do oblasti typu P a část děr opačně. Pevně vázané náboje ionizované náboje ionizovaných příměsí vytvoří oblasti prostorového náboje. Mezi nimi vznikne elektrické pole, které brání dalšímu toku volných nosičů. Hladina Fermiho energie musí být v rovnovážném stavu vyrovnána v celém krystalu, proto dochází k ohybu pásů v místě přechodu. Takto popsaný přechod PN může být jednoduchou polovodičovou diodou.

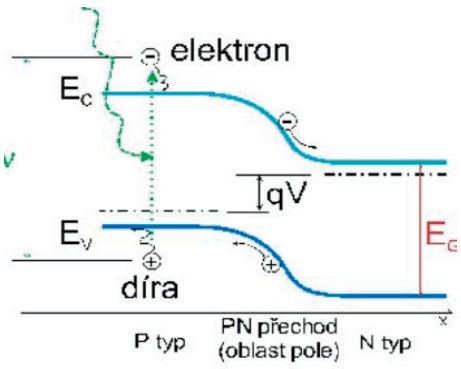
Systém v rovnovážném stavu se však ve stavu dynamické rovnováhy (nikoli statické)

tzn., že v celém objemu polovodiče při teplotě neustále dochází ke generaci i rekombinaci elektronů a děr. Přes přechod PN tedy tečou elektrické proudy oběma směry. Některé elektrony v polovodiči typu N mohou mít vyšší energii, než jaká odpovídá potenciálové bariéře difuzního napětí U_D. Tyto elektrony mohou přecházet přes přechod PN do polovodiče typu P, kde rekombinují s volnými děrami.



Obr. 21 Model přechodu PN

Tento proud se nazývá rekombinační. Současně v polovodiči typu P generují páry volných elektronů a děr, volné elektrony jsou v elektrickém poli přechodu PN urychleny směrem do polovodiče typu N. Tento proud se nazývá termální nebo difuzní. Bez přiložení vnějšího napětí jsou proudy v obou směrech vyrovnány a navenek se neprojeví. V případě přiložení vnějšího napětí a uzavření elektrického obvodu je porušena rovnováha. Je-li kladné znaménko na straně typu P, změní se zakřivení pásů, sníží se potenciálová bariéra U_D o hodnotu ΔV a tím převládne proud elektronů směrem do polovodiče typu P a děr opačně. Přechod PN je orientován v propustném směru. Při opačné polaritě vnějšího napětí se zvýší potenciálová bariéra U_D a tím se zmenší rekombinační proud.



Obr. 22 Schéma PN přechodu

3.4 Fotovoltaické solární články

Fotovoltaický článek je základním prvkem systémů pro přeměnu slunečního záření na elektrickou energii. Ať již je typ článku jakýkoliv, vždy se jedná o velkoplošnou polovodičovou součástku s jedním nebo i více PN přechody. Rozměry komerčně vyráběných solárních článků nejsou větší než 200 mm a tloušťka nepřesahuje přes 400 μm. Jedná se tedy o velice tenké destičky. Přední strana solárního článku je uzpůsobena k pohlcování slunečního záření. Solární články jsou ve většině případů opatřeny z přední i zadní strany kovovými kontakty pro připojení sběrných vodičů.

Po vystavení přední strany solárního článku slunečnímu záření, zachycené fotony generují v křemíku kladné a záporné náboje. Dosáhnou-li náboje polovodičového přechodu, jsou separovány – elektrony v N+ a kladné náboje v základním P materiálu. Na kontaktech solárního článku se objeví stejnosměrné napětí o velikosti řádově stovky mV. Připojeným vnějším obvodem potom protéká stejnosměrný elektrický proud. Velikost proudu je úměrná intenzitě slunečního záření. Kladný pól je na zadní straně destičky v podobě celoplošného kontaktu a záporný pól je na přední straně tvořen kontaktní mřížkou tak, aby pokrývala co nejmenší plochu.

Typickými parametry solárních článků je napětí naprázdno U_{oc}, proud nakrátko I_{sc}, faktor zaplnění FF a účinnost EFF. Elektrické parametry jsou měřeny za standardních podmínek tj. intenzita záření 1000 Wm^{-2} při AM[1)] 1,5 a teplotě 25°C.

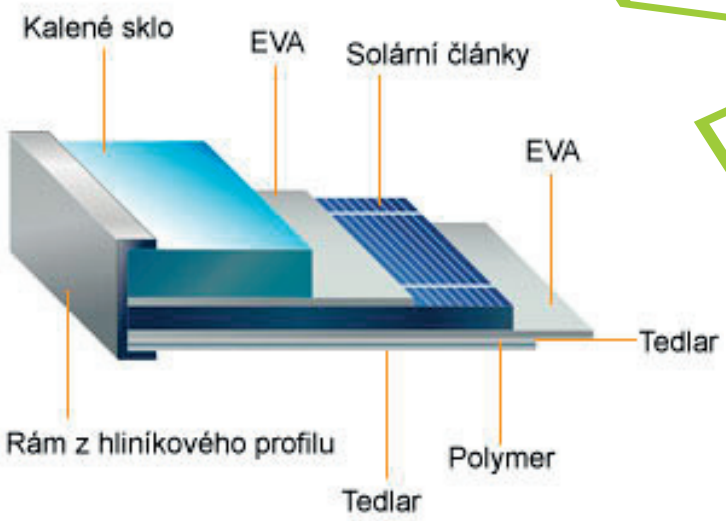
3.5 Materiál pro výrobu solárních článků

3.5.1 Objemové krystalické materiály

Krystalický křemík

V současné době je to nejvíce používaný materiál pro výrobu solárních článků. S dostupností materiálu nejsou potíže, neboť oxid křemičitý je zastoupen v zemské kůře přibližně ze 30 %. Technologie zpracování křemíku je v polovodičovém průmyslu dobře zvládnutá. Výchozím materiálem je čistý křemičitý písek. Výsledkem složitého a energeticky náročného technologického postupu je polykrystalický křemík o vysoké čistotě. V praxi se však pro výrobu solárních článků využívá odpadového křemíku z polovodičového průmyslu. Vzhledem k jeho vysoké ceně, která významně zasahuje do konečné ceny systémů, jsou mnohé výzkumné a vývojové práce zaměřeny na snížení ztrát v průběhu přípravy křemíku, na nalezení a zavedení energeticky úsporných postupů.

[1)] AM = AIR MASS. AM 1,5 znamená, že složení světla odpovídá slunečnímu světlu po průchodu 1,5 násobnou tloušťkou zemské atmosféry filtrující světlo. Výkon změřený při těchto podmínkách se nazývá špičkovým výkonem s jednotkou (Wp) [Watt-peak].



Galium Arsenid (GaAs)
GaAs je slitinový polovodičový materiál typu $A_{III}B_V$, z něhož jsou vyráběny solární články s vysokou účinností. Zpravidla jsou tyto články použity pro koncentrátorové moduly a pro kosmické aplikace. Důvodem je mnohonásobně vyšší cena a vysoká kvalita článků. Pro zvýšení účinnosti na 30 % jsou vytvářeny složité struktury s několika polovodičovými přechody založené na GaAs a příbuzných materiálech typu $A_{III}B_V$.

3.5.2 Tenkovrstvé materiály

Amorfní křemík (a-Si:H)
Nekrystalická forma křemíku byla prvně použita ve fotovoltaice v roce 1974. V roce 1996 se amorfní křemík podílel 15 % na celosvětové produkci. Největší uplatnění nalézá v aplikacích spotřební elektroniky a s výhodou se používají v systémech zabudovaných do budov místo prosklených ploch. Na rozdíl od krystalických materiálů nejsou vyráběny jednotlivé články, ale vytváří se celé moduly najednou. Malé experimentální moduly dosahují účinnosti 10 % a v případě sériově vyráběných modulů je účinnost 5 až 7 %. Velikým problémem zůstává degradace materiálu po expozici na slunečním záření.

Kadmium Telurid (CdTe)
Tenkovrstvý film polykrystalického materiálu - CdTe nanášeného elektrodepozicí, sprejováním a vysokorychlostním napařováním, skýtá v sobě příslib na levnou technologii. Malé laboratorní vzorky dosahují účinnosti 16 % a komerční moduly s plochou 7200 cm^2 mají účinnost 8,4 %.
Copper Indium Diselenide (CuInSe2, nebo CIS)
Tenkovrstvý film polykrystalického materiálu, na kterém je v podmínkách výzkumu dosahováno účinnosti 17,7 %.

3.6 Způsoby zacházení se solárními články

Solární články se vyrábí ve formě menších nebo větších modulů. Při práci s nimi musíme pamatovat, že tyto články jsou polovodičové stavební elementy z rodiny optoelektronických prvků. Z toho vyplývají možné důsledky při manipulaci s články:

- Solární článek musí být udržován čistý, aby nečistota nebránila slunečnímu záření dostat se dovnitř. To znamená, že solární články nemají být nikdy brány přímo do ruky.

- Solární článek nelze lámat, při manipulaci s ním musíme vzít v úvahu jeho mechanickou odolnost.

- Solární moduly jsou uzpůsobené tak, že v nich obsažené solární články jsou chráněny mechanicky proti účinkům atmosféry. Škodlivá je tedy vlhkost všeho druhu

- Proces pájení solárních článků by neměl být delší, než 1 s. Proto musíme použít dostatečně výkonnou mikropájku a kvalitní cín. Při pájení mají články ležet na rovné pevné podložce.

- Při pájení bychom se měli vyvarovat jakýchkoliv mechanických tlaků. Jedná-li se o sériové zapojení, musí být plus pól jednoho článku spojen s minus pólem druhého článku. Při paralelním zapojení jsou spojeny vždy plus póly a minus póly.

3.7 Fotovoltaické moduly

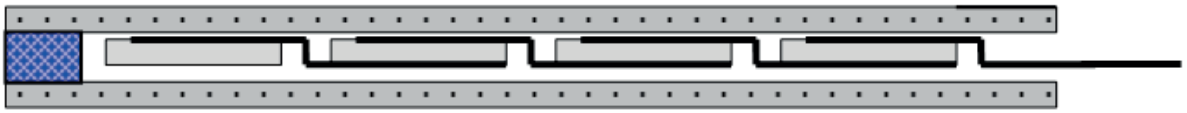
Sériovým nebo i paralelním elektrickým propojením solárních článků vzniká po zapouzdření solární modul.

Konstrukce panelů
Solární články jsou dosti křehké a metalizace kontaktů by na vnějším prostředí podléhala korozi, proto jsou z nich sestavovány solární moduly. Dalším důvodem sdružování solárních článků do solárních panelů je usnadnění manipulace při montáži fotovoltaických systémů. Články jsou sériově elektricky spojeny tak, aby napětí panelu umožnilo přímé využití dodávané elektrické energie. Konstrukce solárních modulů jsou značně rozmanité. Panel musí zajistit hermetické zapouzdření solárních článků.

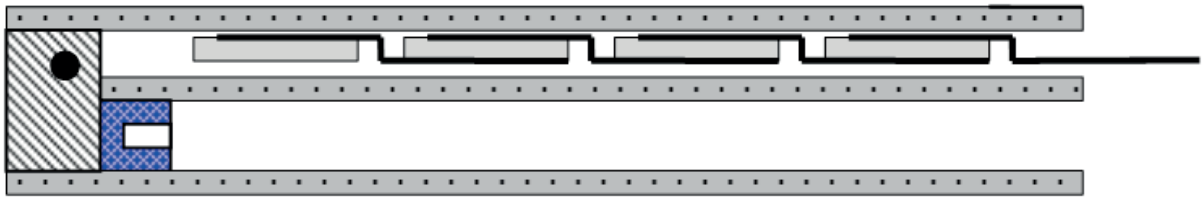
Důležitou vlastností fotovoltaických modulů je jejich dostatečná mechanická pevnost a odolnost. Moduly jsou vystaveny mnohdy drsným klimatickým podmínkám. V zimních měsících může docházet k rychlým a velkým teplotním změnám, což zvyšuje riziko narušení vodivých spojů na solárních článcích. Proto jsou moduly opatřeny kovovými nebo plastovými rámy pro zpevnění konstrukce fotovoltaického modulu. Přední krycí materiál musí odolávat silnému krupobití. Je-li použito sklo, musí být kalené.

Způsob instalace daný druhem zvoleného fotovoltaického modulu může značně ovlivnit konečnou cenu montáže fotovoltaického systému. Nezanedbatelnou funkcí solárních panelů je jejich estetické řešení. Vhodným začleněním solárních panelů do pláště budovy lze dosáhnout jejího atraktivního vzhledu.

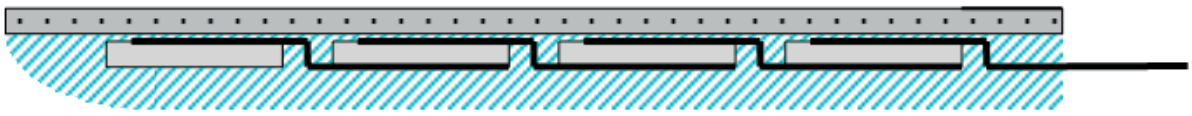
Pospojované solární články jsou umístěny mezi dvě skla a zatěsněny. Přidáním dalšího skla vznikne tepelně-izolační solární modul do zavěšené fasády. Časté jsou i konstrukce se sklem z přední strany a nalaminovanou folií, případně zalitím do průhledné hmoty ze strany zadní. Zadní strana panelu může být tvořena i plechovou či ethernitovou nosnou deskou. Panely mohou být vsazeny do pevného hliníkového rámu. Připojení panelu do systému se provádí ve vodotěsné instalační krabici na zadní straně, případně kabelem, který je součástí panelu.



Obr. 24 Solární modul s oboustranným zasklením

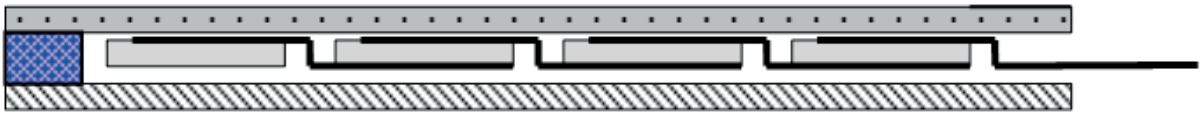


Obr. 25 Solární modul v izolačním dvojskle



Obr. 26 Solární modul se zadní stranou zalitou pryskyřicí

Obr. 27 Solární modul se zadní laminovanou fólií



Obr. 28 Solární modul se zadní stranou z netransparentního materiálu (plech, ethernit)

3.7.1 Koncentrátorové fotovoltaické moduly

Koncentrátorové systémy využívají k soustředění slunečního záření na solární články čočky nebo zrcadlové plochy. Fresnelovy lineární čočky nebo bodové čočky umožňující koncentraci 10x až 500x jsou zpravidla zhotoveny z levného plastu. Pro koncentrátorové moduly se nejvíce používají křemíkové solární články s malou plochou. Při použití GaAs solárních článků je dosahováno vyšší účinnosti a mohou pracovat při vyšší teplotě, nicméně jejich cena je mnohem vyšší.

Účinnost modulu je vyšší než 17 %. Koncentrátorové články jsou zhotoveny s účinností 30 %. Zrcadlové plochy jsou využívány pro zvýšení výkonu solárních panelů a to buď dosažením vyšší intenzity slunečního záření, nebo prodloužením doby, po kterou je panel vystaven slunečnímu záření. Koncentrátorové solární moduly je nutné neustále orientovat na Slunce, tak aby byly solární články po celou dobu v ohnisku čoček. Vyžadují ke své uspokojivé funkci přímé sluneční záření, a proto nejsou vhodné pro oblasti s výskytem difúzního záření tj. v oblastech s častou oblačností.

3.8 Fotovoltaické systémy

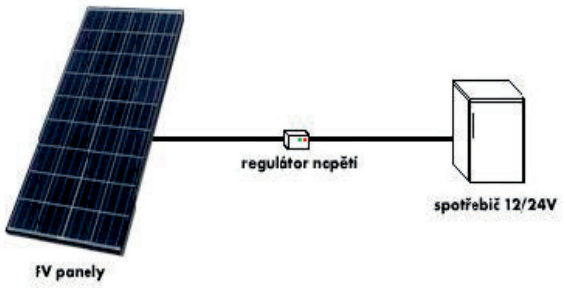
Slunečnímu záření vystavené fotovoltaické moduly jsou schopny dodávat do spotřebiče stejnosměrný proud. Pro jeho následné využití je potřeba připojit k modulu kromě elektrických spotřebičů další technické prvky – např. akumulátorovou baterii, regulační zařízení, měnič, sledovač Slunce, indikační a měřící přístroje. Sestava fotovoltaického modulu, spotřebiče a případně dalších prvků se nazývá fotovoltaickým systémem. Množství a skladba prvků fotovoltaického systému závisí na druhu aplikace.

Autonomní systémy - Grid-off

Autonomní systémy jsou instalovány na místech, kde není účelné budovat elektrickou přípojku. Realizace fotovoltaického systému se stává výhodnější variantou v případě, že stávající nejbližší přípojné místo k rozvodné síti je dále než 500 až 1000 m. Výkony autonomních systémů se pohybují v intervalu 10 - 10 000 wattů špičkového výkonu. Příkladem použití jsou horské chaty, samoty, rekreační objekty, telekomunikační zařízení. Tyto systémy jsou nejvíce používány v Austrálii, Francii, Itálii, Španělsku, Švýcarsku a v USA (každá z těchto zemí má instalováno více než 2 MWp ke konci roku 1995). Veliký potenciál se nachází v odlehlých oblastech rozvojových zemí.

Grid-off systémy s přímým napájením

Systémy s přímým napájením jsou realizovány všude tam, kde nevadí, že připojené elektrické zařízení je funkční jenom v případě dostatečné intenzity slunečního záření. Jedná se pouze o propojení solárního modulu a spotřebiče. Čerpání vody pro závlahu je ukázkou aplikací systému bez akumulace el. energie, napájení oběhového čerpadla solárního systému pro přípravu teplé užitkové vody, napájení čerpadla okrasné fontánky nebo napájení ventilátoru odvětrání uzavřených prostor .

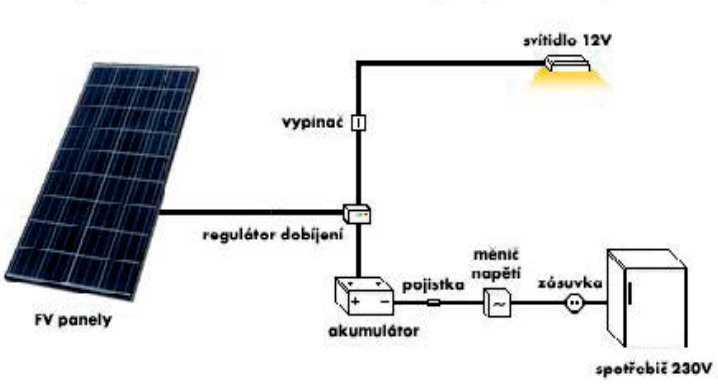


Obr. 29 Systém s přímým napájením

Grid-off systém s akumulací elektrické energie

Doba, po kterou je k dispozici energie ze solárních panelů většinou není totožná s dobou, kdy nastává její největší spotřeba. Z toho důvodu jsou nezbytnou součástí autonomních systémů akumulátorové baterie. Životnost akumulátorové baterie silně závisí na způsobu nabíjení a vybíjení, proto optimální chod systému je zajištěn solárním regulátorem. K autonomnímu systému lze připojit jak spotřebiče na stejnosměrné napětí,

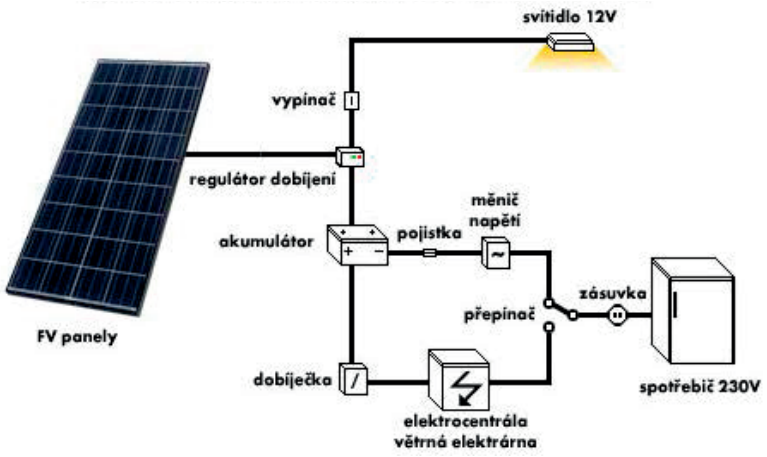
zpravidla 12 V nebo 24 V, tak i běžné síťové spotřebiče 230 V/ ~50 Hz napájené přes napěťový měnič. Tyto systémy získávají uplatnění například jako zdroj elektrické energie pro chaty a další objekty, napájení dopravní signalizace, telekomunikačních zařízení nebo monitorovacích přístrojů v terénu, u zahradního osvětlení, světelné reklamy nebo při campingu a jachtingu.



Obr. 30 Systém s akumulací elektrické energie

Hybridní Grid-off systém

V zimních měsících je možné získat z fotovoltaického zdroje podstatně méně elektrické energie než v letních měsících. Proto je nutné systémy s celoročním provozem a s častým užíváním dimenzovat na zimní provoz. Instalovaný výkon fotovoltaických panelů však v takovém případě neúměrně naroste a s tím i investiční náklady. Navíc v letních měsících je potom systém silně předimenzovaný. Mnohem výhodnější je z tohoto hlediska připojit k energetickému systému doplňkový zdroj elektrické energie, který pokryje potřebu elektrické energie v obdobích s nedostatečným slunečním svitem. Takovým zdrojem může být větrný generátor, spalovací generátor s kogenerací (společná výroba elektrické a tepelné energie), nebo malá vodní elektrárna.



Obr. 31 Systém s akumulací elektrické energie

Systémy dodávající elektrickou energii do veřejné rozvodné sítě
Tyto systémy jsou nejvíce uplatňovány v oblastech s hustou sítí elektrických rozvodů. V případě dostatečného slunečního svitu jsou spotřebiče v budově napájeny vlastní „solární“ elektrickou energií a případný přebytek je dodáván do veřejné rozvodné sítě přes elektroměr. Pokud nedostačuje vlastní solární zdroj k pokrytí spotřeby v budově, je elektrická energie odebírána přes druhý elektroměr z rozvodné sítě. Systém funguje zcela automaticky. Připojení k síti podléhá schvalovacímu řízení u rozvodných závodů. Špičkový výkon fotovoltaických systémů připojených k rozvodné síti je v rozmezí jednotek až stovek kilowatt. Fotovoltaické panely jsou většinou integrovány do obvodového pláště budov. Dnes představují cca 20 % z instalovaných systémů. Nejrozšířenější jsou v SRN (90 %) a Švýcarsku (67 %).

3.8.1 Prvky fotovoltaických systémů

Prvky autonomních systémů
Mezi nejdůležitější prvky patří kromě solárních panelů akumulátorové baterie, solární regulátor a další elektrotechnické prvky (jističe, pojistky, spínače, vodiče atd.). Samozřejmě musíme zaměřit pozornost i na spotřebiče, neboť jejich vhodnou volbou můžeme významně snížit nutné pořizovací a provozní náklady. Systémy je možné doplnit o další zařízení jako je napěťový měnič, sledovač Slunce, měřicí přístroje nebo doplňkový zdroj elektrické energie s nabíjecím zařízením.

Akumulátorová baterie
Je určena ke skladování elektrické energie dodané v našem případě fotovoltaickými panely. V případě většiny systémů typu grid-off jsou jejich nezbytnou součástí. Požadavek na spotřebu elektrické energie se zpravidla časově nekryje s možným přísunem energie z fotovoltaických panelů, ať již v cyklu den/noc nebo v závislosti na ročním období a na počasí. Na trhu jsou nabízeny „solární akumulátorové baterie“. V podstatě se jedná o baterii nejblíže staničnímu a trakčnímu typu. Rozhodně se výrazně odlišuje od baterie startovací, proto tento typ není pro fotovoltaické systémy vhodný.

Pro použití ve fotovoltaických systémech připadá v současné době do úvahy použití těchto druhů akumulátorových baterií:

- baterie olověné (nejvíce rozšířené)
- pro speciální aplikace jsou vhodné články nebo monobloky nikl-kadmiové (NiCd), případně nikl-železné (NiFe)
- v případě aplikací s malým výkonem se nabízí články nebo baterie typu Pb, NiCd, NiMH, Ion-lithiové články a nově alkalické nabíjecí články

Regulátory pro grid-off systémy
Solární regulátory zastupují mnoho užitečných funkcí ve fotovoltaických systémech. Životnost akumulátorové baterie silně závisí na způsobu nabíjení a vybíjení, proto optimální chod systému je zajištěn solárním regulátorem. Hlavními úkoly jsou zamezení nešetrného provozování akumulátorové baterie, zamezení ztrát energie, maximální využití solární energie a předejití poškození nebo zničení některé části fotovoltaického systému.

Provozní jmenovité napětí regulátoru je u jednoduchých typů pevně nastaveno. Složitější a kvalitnější regulátory je možné připojit na obě napětí (12 V i 24 V). Nastavení provozního napětí na regulátoru se provádí změnou propojek nebo je dané napětí automaticky nastaveno po zapojení regulátoru do systému.

Nabíjení akumulátorové baterie ze solárních modulů probíhá plným proudem až do určité napěťové úrovně. Poté dochází buď k omezování nabíjecího proudu, nebo je nabíjení úplně přerušeno, což záleží na typu regulátoru. Napěťová úroveň pro ukončení nabíjení je dána napětím baterie, při němž ještě nadměrně neplynuje. U typu s omezováním nabíjecího proudu je dosaženo vyššího stupně nabití.

Nabíjení u druhého typu je opět zahájeno po poklesu napětí na baterii na stanovené napětí. Velice kvalitní regulátory umožňují provozovat solární panely neustále v bodě maximálního výkonu a tak využívat maximum dostupné energie. Zvláště u mobilních aplikací je vhodná ochrana regulátoru proti přepólování. Většina regulátorů poskytuje ochranu proti zpětnému vybíjení baterie přes solární panely v noci. Tuto funkci plní Shottkyho dioda s malým úbytkem napětí.

Důležitou vlastností solárních regulátorů je možnost odpojení zátěže od akumulátorové baterie. K odpojení dochází při nízkém napětí na baterii (u olověné baterie typicky 10,5 V), a tak jej chrání před hlubokým vybitím. Odpojení zátěže může také nastat při proudovém přetížení nebo v případě zkratu v obvodu zátěže.
K dispozici jsou i regulátory bez odpojování zátěže při nízkém napětí. Regulátory bez odpojení zátěže jsou vhodné do Grid-off systémů s měničem 12 V (24 V)/230 V, 50 Hz, neboť ty mají zpravidla svoji vlastní ochranu baterie proti hlubokému vybití.

Regulátory mohou obsahovat obvody pro teplotní kompenzaci regulačních napětí. Regulátory jsou ve všech případech vybaveny alespoň jednoduchou indikaci stavu systému pomocí svítivých diod. Pak je snadné rychle zkontrolovat přibližný stupeň nabití baterie a poruchové stavy. Dražší regulátory umožňují zobrazovat na malém zobrazovači ne jenom orientační stav systému, ale také přímo číselné hodnoty napětí a proudů v systému.

Měnič napětí
V některých případech je výhodné provozovat v rámci autonomního fotovoltaického systému běžné síťové spotřebiče pro napětí 230 V / 50 Hz. V tomto případě je potřeba do systému začlenit napěťový měnič, který převede stejnosměrné napětí (12 V nebo 24 V) na napětí střídavé 230 V / 50 Hz.

Obecné požadavky na měniče napětí:
- přeměna s dobrou účinností (90 – 95 %)
- bezpečný provoz
- snadná kontrola stavu
- automatický provoz
- minimální klidový odběr v nezatíženém stavu

3.9 Síťový měnič

Síťový měnič převádí stejnosměrný proud dodávaný fotovoltaickými panely na proud střídavý 230 V / 50 Hz a hlavně musí být schopen spolupracovat s rozvodnou sítí. Kromě této základní funkce musí každý síťový měnič splnit i další důležité funkce ochranné a bezpečnostní, bez nichž by nebylo povoleno připojení systému k rozvodné síti. Mezi nejdůležitější patří automatické odpojení měniče při poklesu napětí v síti nebo při výpadku, zkratová ochrana, ochrana před atmosférickými výboji. Měniče musí splňovat přísné normy ohledně kvality dodávané energie.
Činnost měničů je zajištěna digitálním řídicím systémem. Některé z měničů umožňují zobrazení a případně i záznam provozního stavu a systémových veličin – např. proudy a napětí, výkon, teplotu, množství dodané energie. K měniči je možné připojit PC pro kvalitnější zobrazení a analýzu naměřených hodnot.

3.10 Způsoby umístění fotovoltaických panelů

V případě domů a průmyslových objektů, kde konstrukce výrazně nezasahuje do prostředí se tak děje pomocí montované konstrukce přímo na střechu objektu. Přirozenou výhodou je optimální sklon střechy pro co nejefektivnější dopad slunečního záření. V našich zeměpisných polohách hovoříme o úhlu okolo 35°, na mysli máme úhel mezi vodorovnou základnou a rovinou panelu. Při úhlu pohybujícím se v intervalu od 25° - 60° jsou však ztráty minimální. Jistou ztrátu již představují úhly pravé a to například při fasádních instalacích. Přirozeně se snažíme eliminovat vše, co může bránit dopadu slunečních paprsků na plochu panelů.

Podstatněji hodnotíme orientaci panelů, tedy jejich směrovou odchylku od jihu. Ta zásadně ovlivňuje, po jakou denní dobu bude moci sluneční záření na plochu FV panelů dopadat. Ideální situování se uvádí jako 1° odklon od jihu, směrem na jihozápad. Evidentní výhodu v tomto směru mají ploché střechy, kde si s polohou poradíme jednoduše. Pro šikmé střechy polohované v odklonu větším než 45° se instalace přímo na střechu nedoporučuje.

V případě velkých slunečních elektráren, kde se nachází velké množství FV panelů je problematika orientace panelů vyřešena vhodným projektováním zahrnujícím umístění se současnou integrací elektrárny do prostředí. Samotná výměra pozemku, na které bude sluneční elektrárna v budoucnu stát, se pohybuje okolo 2,7 násobku plochy panelů. To především z důvodu nutnosti zachování rozestupů mezi jednotlivými řadami panelů, kde by mohlo docházet ke vzájemnému stínění. Jako příhodný faktor posuzujeme svažitost pozemku. Při mírném svahu se nároky na vzdálenosti mezi řadami panelů zmenšují.

3.11 Výhody umístění fotovoltaických panelů na budovy

- Elektrárna je méně přístupná vandalům a zlodějům. Oproti elektrárnám stavěným často doslova na zelené louce za vesnicí je FVE na budově hůře přístupná nezvaným návštěvníkům. Odpadají náklady na oplocení, případně na zabezpečovací systém. Výrazně nižší jsou i provozní náklady spojené s ostrahou elektrárny i pojistka.

- Může sloužit jako vlastní zdroj elektřiny. Pokud je v budově nutno zajistit provoz i při výpadku sítě (počítačové systémy, bezpečnostní systémy aj.), může fotovoltaika představovat vlastní nezávislý zdroj. Pokud FVE pracuje v režimu tzv. zelených bonusů, kryje se část spotřeby elektřiny v budově, což snižuje náklady na faktuře za elektřinu a významně vylepšuje ekonomiku provozu.

- Snižuje ztráty v sítích. Tím, že se elektřina z FVE spotřebuje buď ihned ve vlastní budově, nebo ji spotřebují ostatní odběratelé v bezprostřední blízkosti, klesá objem elektřiny dopravované z velkých centrálních elektráren. Tím se snižují ztráty v síti (celkové ztráty v síti v ČR jsou 5,6 %).

- Reprezentuje.

3.11.1 Nevýhody umístění fotovoltaických článků na budovy

- Orientace je daná budovou. Nejvyšších výnosů se dosahuje, jsou-li panely orientovány na jih, se sklonem 35° (pomineme-li systémy s automatickým natáčením panelů za sluncem). Odchylky od této polohy snižují výnosy. To zhoršuje ekonomiku. Pouze u budov s dostatečně velkou plochou střechou lze panely umístit na konstrukci s optimálním sklonem a orientací.

- Fotovoltaika může zhoršit vzhled budovy. Pohledná integrace panelů do budovy se někdy nepovede. Typickým problémem je umisťování obdélníkových panelů na trojúhelníkové plochy střech. U fasád je často problém najít panely, jejichž rozměry budou ve vhodném poměru ke stávajícím oknům, totéž se týká i střešních oken a panelů na střeše.

- Nutnost vyřešit kotvení panelů. U panelů na šikmé střeše lze obvykle bez problémů kotvit nosnou konstrukci panelů do krovu. Existují různé háky, které umožní průchod taškovou nebo jinou krytinou. Panely nikdy nepřesahují hřeben, což snižuje i namáhání konstrukce větrem. Přitížení je cca do 40 kg/m2, což zejména pro starší budovy není problém. U panelů na ploché střeše je nutno nosnou konstrukci panelů kotvit, zejména proti namáhání větrem (konstrukce musí odolat větru o rychlosti 130 km/h). U menších konstrukcí lze použít gravitační kotvení pomocí betonových závaží. Podmínkou je však dostatečná nosnost střechy. To bývá obvykle jednodušší u tzv. obrácených střech, kde je tepelná a hydroizolace překrytá např. vrstvou oblázků nebo dlažbou. U dvouplášťových střech (na většině panelových domů) není někdy vnější plášť dostatečně nosný. Pak je nutno konstrukci kotvit do stropních železobetonových panelů. Přitom hrozí poškození hydroizolace a následné zatékání. Jiným řešením je kotvit nosnou konstrukci fotovoltaických panelů do atiky.

3.11.2 Výhody fotovoltaických systémů

- Ceny energií se stále zvyšují. Fotovoltaické systémy s možností dodávání do sítě mají státem „garantovanou“ výkupní cenu. Fotovoltaické elektrárny jsou výhodným podnikatelským záměrem.
- Solární články nepotřebují žádnou pohonnou látku.
- Solární články nemají žádné opotřebení.
- Solární články je možno sestavovat do solárních fotovoltaických generátorů libovolné velikosti.
- Solární články nevytvářejí žádné znečištění, žádný hluk, žádné zplodiny a žádný zápach.
- Solární články neuvolňují při výrobě elektřiny žádný CO2.
- Fotovoltaické panely jsou šetrné k životnímu prostředí a dají se použít kdekoli.
- Životnost fotovoltaických panelů je více než 25 let.
- Jestliže nejste připojeni na rozvod elektrické energie, můžete mít vlastní ostrovní systém, který zajistí pohodlnější provoz vaší domácnosti.

3.11.3 Nevýhody fotovoltaických systémů

Značnou nevýhodou je velká energetická náročnost výroby fotovoltaických článků a především jejich velká výrobní cena. Například pro výrobu solárního modulu o výkonu 55 W jsou následující hodnoty energetické náročnosti:

- výroba křemíkového krystalu 450 kWh
- výroba solárního článku 40 kWh
- výroba skla 10 kWh
- výroba umělé hmoty 8 kWh
- výroba hliníkového rámu 80 kWh
- celková energetická náročnost 588 kWh

Účinnost tohoto modulu je 12 % a plocha 0,4 m2. Kdyby takovýto modul byl instalován např. ve střední Evropě, kde je střední globální záření 3,2 kW/m2, vyrobí článek 56 kWh za rok. Vynaložená energie může tedy být získána během 10,5 let a proto vzhledem k životnosti článku, který je alespoň 10 let, se vynaložená energie vrátí. Kdyby byl článek instalován na Sahaře, vrátí se energie za 5,5 roku tedy asi o polovinu rychleji. Avšak při tenkovrstvové technologii se můžeme dostat k zajímavějším výsledkům. Účinnost článků je sice pouze 6,5 %, ale tenkovrstvová technologie je podstatně méně energeticky náročná:

- výroba křemíkového krystalu 5 kWh
- výroba skla 20 kWh
- výroba umělé hmoty 8 kWh
- výroba hliníkového rámu 80 kWh
- teplo technologie 10 kWh
- energetické náklady celkem 123 kWh

Přesto však vysoká cena a malá účinnost těchto článků brání jejich masivnímu nasazení a elektrická energie vyrobená fotovoltaickými články není konkurence schopná. Nakonec se podívejme ještě na jednu zajímavost, tzv. sluneční baterii. Jedná se v podstatě o ukládání sluneční energie (podobně jako u fotosyntézy) v podobě energie chemické. Tyto články využívají polovodičovou desku, která je v kontaktu s elektricky vodivou kapalinou (elektrolytem). Může to být např. vodný roztok kuchyňské soli, aby mohla sluneční energie způsobit pohyb elektronů, musí kapalina obsahovat ještě látku přenášející elektrony (např. jód).

Při tomto zařízení bylo dosaženo účinnosti asi 12 %. Byly použity různé polovodiče (arzenid galia, křemík, sulfid kadmia atd.). Velmi zajímavá je také kombinace klasického slunečního kolektoru, používaného na ohřev vody a fotovoltaického panelu. Celková účinnost využití sluneční energie se tak podstatně zvýší a toto zařízení poskytuje jak teplou vodu, tak i elektrickou energii.

Mezi další nevýhody patří:

- Solární energie není k dispozici v noci a je velmi nespolehlivá za špatného počasí (mlha, déšť). Tudíž je nutná instalace systémů, které chybějící energii nahradí.
- Solární panely produkují stejnosměrný proud, který musí být pomocí invertoru převeden na proud střídavý, což způsobuje další ztráty ve výši 4 - 12 %.
- Fotovoltaické články postupem času snižují svou účinnost a tedy dodávaný výkon.
- Ekologická likvidace fotovoltaických panelů je nákladná.

3.12 Fotovoltaická elektrárna – praktická realizace

V únoru 2007 zahájila v jihočeské vesničce Bušanovice nedaleko Volyně komerční provoz naše dosud největší elektrárna využívající solární energii, s instalovaným výkonem 600 kWp. Více než pět tisíc fotovoltaických panelů na ploše dvou fotbalových hřišť má podle projektového výpočtu vyrobit 628 000 kWh za rok, což odpovídá měrné spotřebě 343 osob.

Jednotlivé fotovoltaické panely jsou řazeny do sekcí, stejnosměrný proud je ve dvou invertorech přeměněn v proud střídavý, který je odevzdáván přes transformátor přímo do sítě. Cyklus výroby probíhá zcela automaticky, množství proudu závisí pochopitelně na intenzitě rozptýleného světla. Proud se však vyrábí i za zhoršených podmínek. Na panelu uvnitř buňky s centrální technologií lze sledovat okamžitý stav výroby energie, stejné údaje jsou přenášeny i do počítače umístěného mimo elektrárnu, kde je registrována kompletní statistika dodávek proudu do sítě.

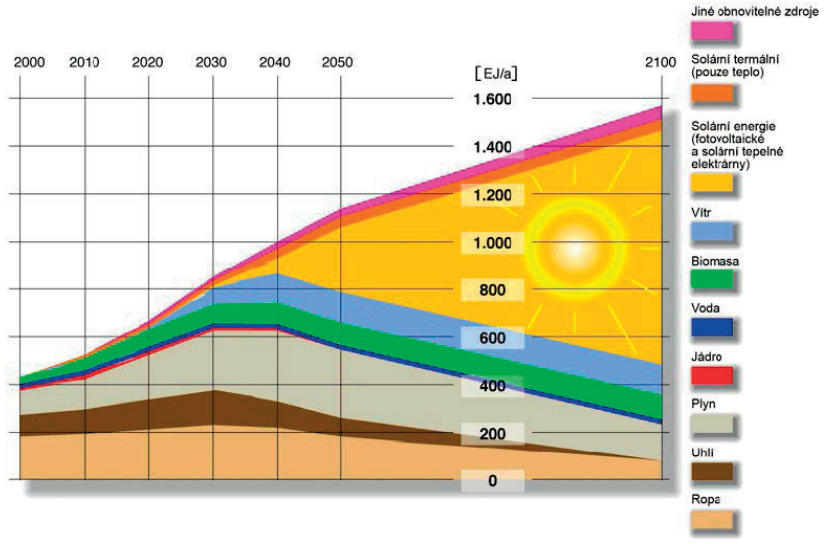
Parametr	Hodnota	Parametr	Hodnota
Instalovaný výkon na konstrukci:	693 kWp	Úspora:	CO_2 cca 725 t / rok
Výkon na patě invertoru:	600 kWp	Uspokojení měrné spotřeby:	343 osob
Roční výroba:	628 000 kWh (projektový výpočet)	Uspokojení měrné spotřeby:	172 domácností
Celkové investiční náklady:	85 000 000 Kč	Celková plocha instalovaných FV panelů:	6 170 m^2
Dotace z fondu OPPP:	29 200 000 Kč	Potřeba plochy:	8,92 m^2 panelů / 1kWp (netto)
Provozní náklady na výrobu 1 kWh:	1,47 Kč (orientačně)	Celková plocha území sklonu 30% na výrobu 628 000 kWh / rok = 13500m^2	
Náklady na instalaci 1 kWp:	141 600 Kč	Potřeba plochy pro výrobu 1 kWh = 0,02 m^2 brutto, 1 m^2 výrobí 50 kWp/ rok	
FV panely:	Mitsubishi PV-MF 130EA 2L, 5 320 ks		
Invertory:	2x SolarMax 300C		
Uvedení do trvalého provozu:	1.2.2007		
Úspora CO_2:	725 tun / rok		

Obr. 32 Bušanovice nedaleko Volyně, naše dosud největší elektrárna využívající solární energii, s instalovaným výkonem 600 kWp

3.13 Fotovoltaika – perspektiva a budoucnost

FV systémy pracují s vysokou spolehlivostí. Potvrzují to desítky tisíc provedených instalací na celém světě, z nichž některé pracují více než 30 let. Účinnost přeměny světla v elektřinu je stále na stejně vysoké úrovni. Přitom jsou tyto systémy použity i v klimaticky velmi obtížných oblastech jako jsou rovníkové a tropické klima, vysoké hory, osady u polárního kruhu, přímořské oblasti nebo objekty přímo na moři (lodě, majáky, ropné plošiny). Přínosy pro životní prostředí vyplývají z vlastního principu činnosti, tedy přímá přeměna sluneční energie na energii elektrickou. Odpadá tedy spalovací proces, nutnost chlazení, maziv a podobně, následně pak nutná manipulace a uskladňování odpadů.

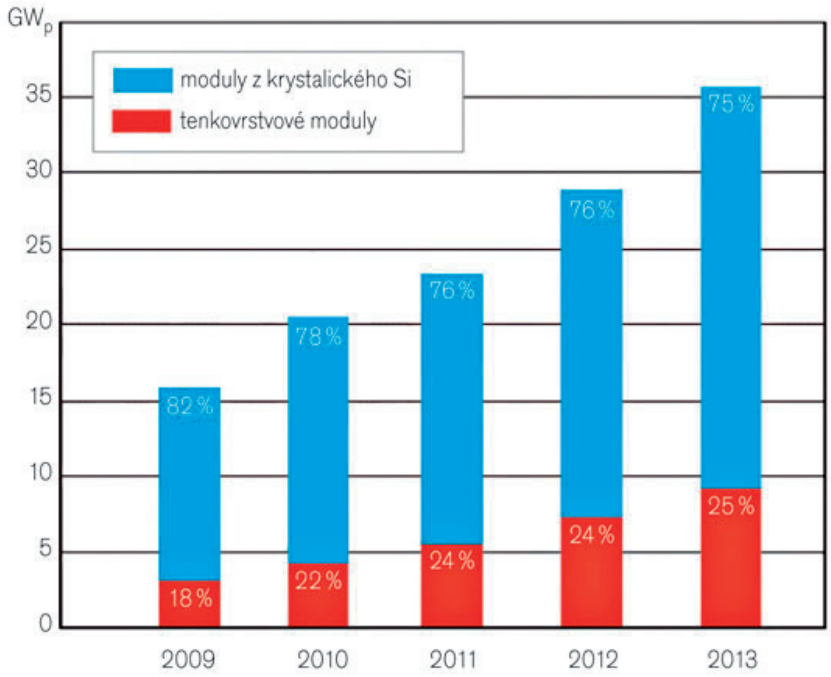
Z analýzy provedené poradní radou vyplývá, že fotovoltaika má potenciál dodávat elektřinu ve velkém rozsahu za konkurenční ceny. Fotovoltaika by mohla v roce 2030 zabezpečovat 4 % celosvětové produkce elektrické energie. Rada určila rok 2030 jen jako střednědobý milník a zdůraznila, že se fotovoltaika bude soustavně rozšiřovat i po uvedeném datu. Předpokládá se, že tato technologie povede k vývoji efektivnějších modulů, článků a systémů s dlouhou životností a lepší spolehlivostí, při využití nových materiálů. Očekává se, že výrobní náklady významně poklesnou a důsledkem toho bude zvýšené zavádění a rozšiřování, jak na průmyslově vyspělých trzích, tak i pro nesíťové využití v rozvojových zemích, což povede k tvorbě pracovních příležitostí a rozšiřování vývozu. Trh fotovoltaických technologií však bude vysoce konkurenční a zabezpečení evropského vedení v tomto technologicky vyspělém odvětví bude vyžadovat dobře koordinované, soustředěné a dlouhodobé úsilí.



Obr. 33 Vývoj spotřeby energií do roku 2100

Pro docílení výhledů fotovoltaiky do roku 2030 rada doporučuje, aby byla přijata řada opatření, v to počítaje zejména vytvoření evropské platformy fotovoltaických technologií. Platforma fotovoltaických technologií je prioritním prostředkem k mobilizaci a prosa-

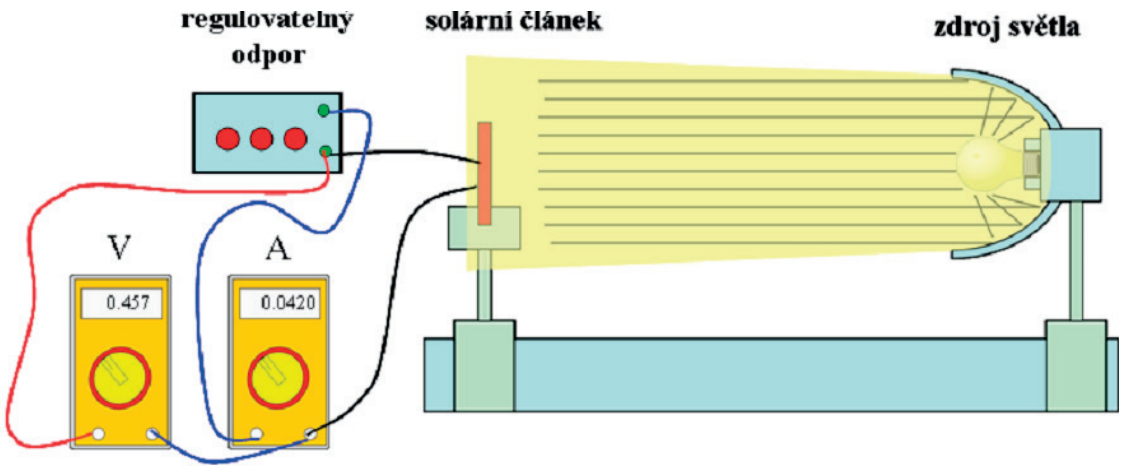
zování iniciativ, programů a strategií souvisejících s fotovoltaikou, který spojí všechny významné zainteresované strany z oblasti vědy, průmyslu a politiky. Zavedením platformy fotovoltaických technologií se prudce zvýší efektivnost v současné době vynakládaného úsilí a urychlí vývoj evropského fotovoltaického odvětví.



Obr. 34 Předpokládaný vývoj produkce FV modulů

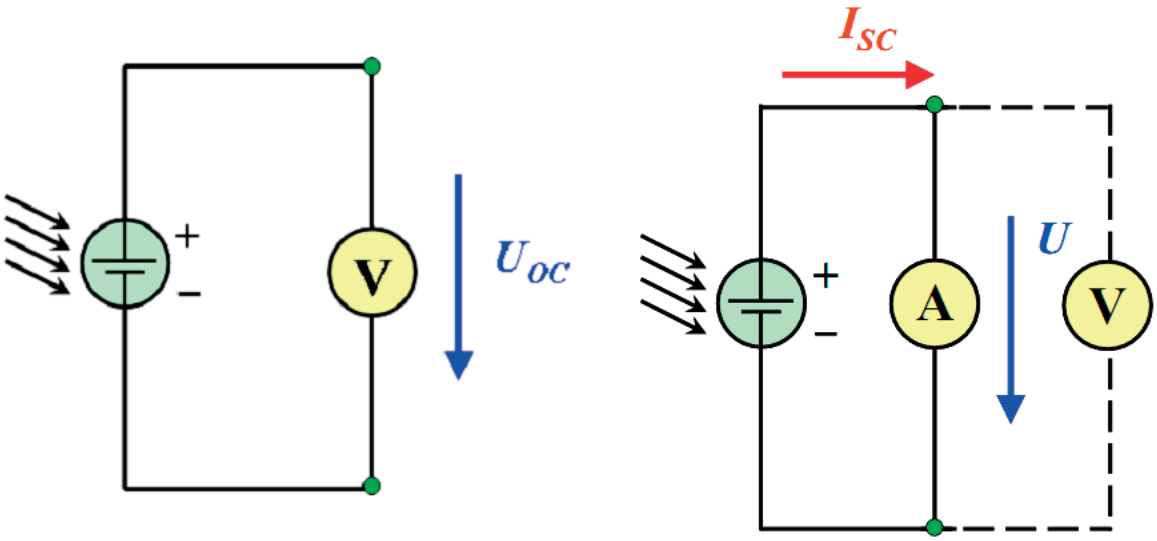
3.14 Měření parametrů solárních článků

Měření voltampérové charakteristiky solárního článku



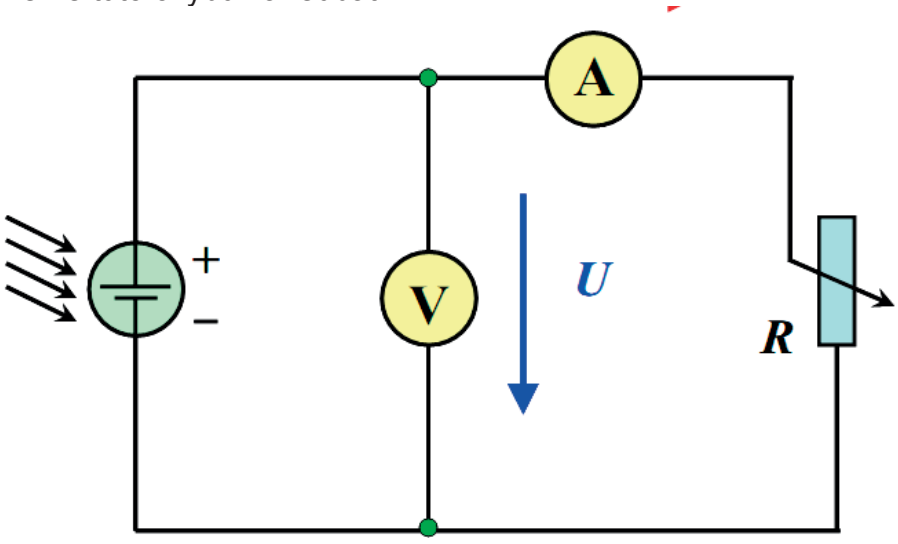
Obr. 35 Měření voltampérové charakteristiky solárního článku

Sestava se skládá z optické lavice s držákem pro upnutí solárních článků, zdroje světla, 2 multimetrů a proměnné zátěže (regulovatelný odpor). S pomocí multimetrů změříme nejprve tzv. napětí naprázdno UOC (Open Circuit Voltage) a tzv. proud nakrátko ISC (Short Circuit Current).



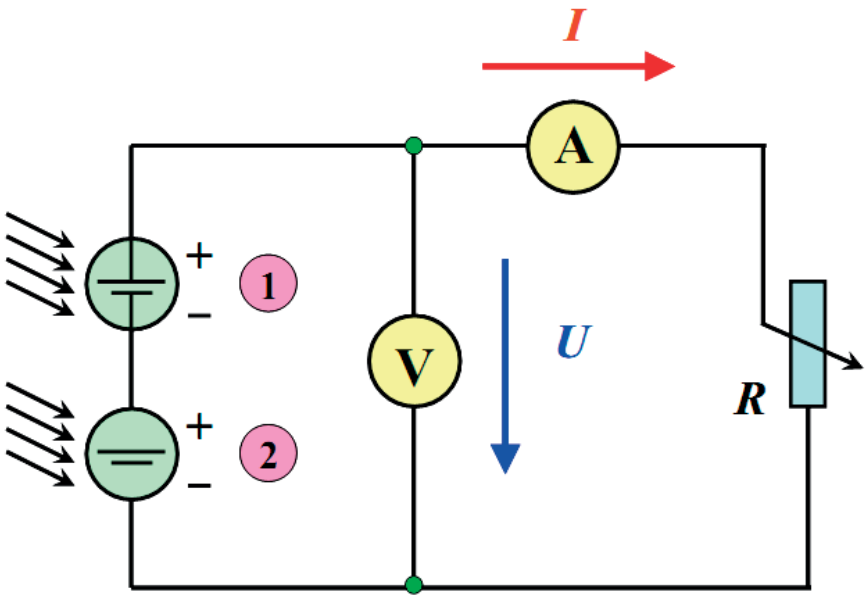
Obr. 36 Měření napětí naprázdno UOC a proudu na krátko ISC

V důsledku nenulového vnitřního odporu ampérmetru je hodnota ISC získaná tímto způsobem zatížena chybou. Tuto chybu lze odstranit buď pomocí speciální metody měření, nebo početně pokud známe tzv. sériový odpor solárního článku. V případě, že vnitřní odpor ampérmetru je výrazně menší než sériový odpor fotovoltaického článku můžeme tuto chybu zanedbat.

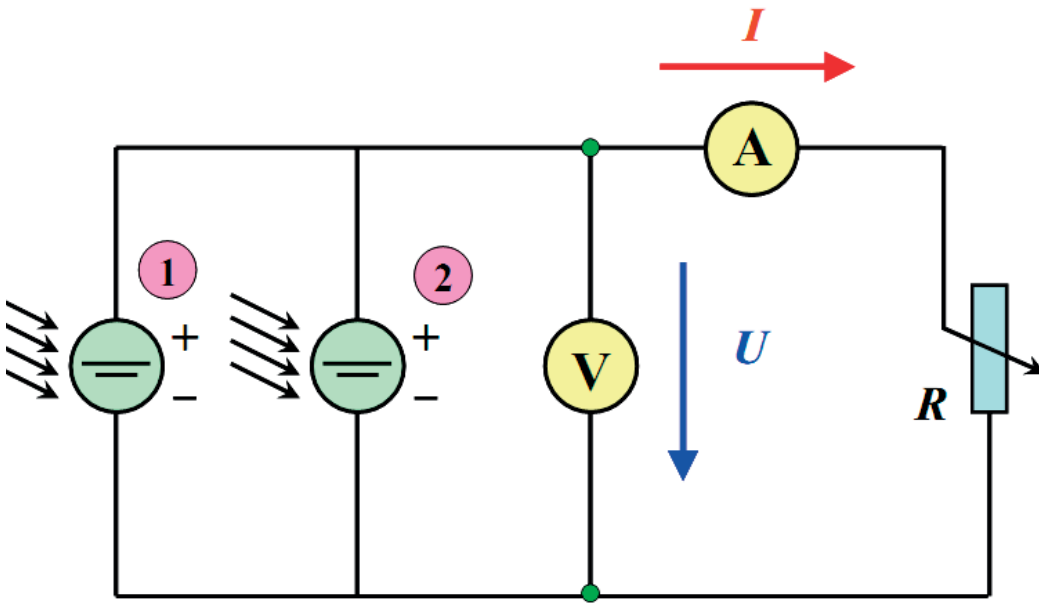


Obr. 37 Schéma zapojení pro měření VA charakteristiky solárního článku

Měření parametrů fotočlánku by mělo probíhat za standardizovaných podmínek tj. spektrální složení záření zdroje AM=1.5 (Air Mass), které odpovídá slunečnímu záření na Zemském povrchu při zahrnutí vlivu atmosféry a hodnota intenzity ozařování fotočlánku E = 1000 W/m^2.



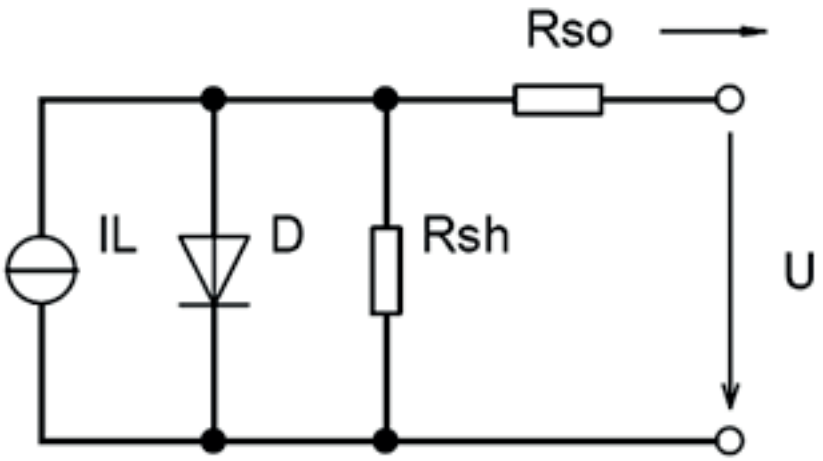
Obr. 38 Sériové zapojení solárních článků



Obr. 39 Paralelní zapojení solárních článků

3.15 Stanovení základních charakteristik solárních článků

Při podrobnějším zkoumání vlastností solárních článků lze odvodit následující náhradní schéma:

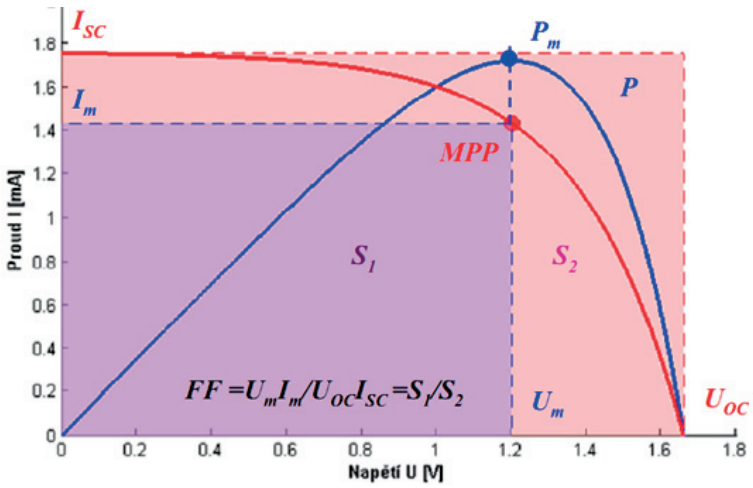


Obr. 40 Náhradní schéma fotodiody (solárního článku).

Znalost velikosti sériového a paralelního odporu fotočlánku nám dává informaci o jeho kvalitě. Příliš vysoká hodnota sériového odporu způsobuje, že svorkové napětí fotočlánku bude tím menší, čím bude větší úbytek napětí na sériovém odporu. Příliš nízká hodnota paralelního odporu nás informuje o vadném článku; FVČ se chová, jako by byl zevnitř zkratován.

MPP – Maximal power point

Optimální pracovní bod fotočlánku, pro který dodává maximální výkon. Tento bod leží na VA charakteristice ve vrcholu vepsaného obdélníka s maximální plochou.



Obr. 41 Voltampérová charakteristika solárního článku.

4. Solární architektura

Fotovoltaická (dále jen FV) technologie umožňuje transformaci slunečního světla přímo na elektrickou energii a FV systémy ji přivádějí přímo do konkrétního spotřebiče a nebo elektrické sítě. Je schopna sehrát důležitou roli při přechodu k dlouhodobě udržitelným energetickým systémům 21. století a pokrývat významný podíl na spotřebě elektrické energie v Evropě. Fotovoltaika by mohla přispět k budoucímu zabezpečení zásobování elektrickou energií, poskytovat ekologicky příznivé energetické služby a zlepšovat hospodářský a společenský blahobyt. Spolu s dalšími opatřeními založenými na obnovitelných zdrojích a zvýšenou energetickou účinností by se fotovoltaika mohla stát klíčovou technologií budoucnosti. Tyto předpoklady s sebou přinášejí další otázky mimo jiné z hlediska umísťování nových zdrojů energie v sídlech i krajině. Nyní se ocitáme na mezníku, kdy se FV články mohou stát novou estetickou hodnotou 21. století, či jen dalším energetickým zdrojem bez návazností na okolí a tradici. Zde je prostor pro architekty, kteří ve spolupráci se specialisty (konstruktéry, energetiky) mohou na základě poznání nové technologie vytvořit nový architektonický styl „**solar design“.**

Solární architektura je obor, který se zabývá problematikou využití solární energie. Možnosti využití solární energie můžeme v zásadě rozdělit na pasivní a aktivní. Pasivní využití spočívá v principech tzv. solární architektury, aktivní představuje využití kolektorů k přímému využití slunečního záření.

4.1 Pasivní solární energie

Domy postavené na principech solární architektury jsou projektované tak, aby jejich konstrukce zachytila co nejvíce slunečního záření. Toto záření, které dopadá na stěny domu, je možné převést do vnitřních prostor domu a uspořit tak 5-15 % energie nutné k vytápění budovy, za předpokladu, že je dům vhodně orientován vzhledem ke světovým stranám a pohybu slunce. Těchto principů se využívá zejména při stavbě pasivních a nízkoenergetických domů.
Solární architektura využívá tzv. pasivní solární zisky, což je teplo získané přímým slunečním zářením zejména na okna a další prosklené plochy domu. Pasivní solární zisky jsou maximalizovány při vhodné poloze domu, zejména je nutné, aby velké obytné místnosti byly orientovány k jihu a byly osazeny velkými okny. Dnes jsou k dostání kvalitní „superokna“ - dvojskla či trojskla plněná inertním plynem, se skleněnou plochou potaženou tenkým filmem s nízkou vyzařovací schopností. Fungují jako tepelná zrcadla - potlačují tepelné vyzařování z vnitřního skla na vnější. Náplň z argonu či kryptonu pak potlačuje ztráty prouděním. Sluneční světlo a teplo proniká dovnitř, tepelné záření s větší vlnovou délkou neprojde dovnitř ani ven. Aktivně se energie slunečního záření využívá pomocí slunečních kolektorů.Tato okna propouští i v zimě velké množství slunečních paprsků, získané teplo se akumuluje do hmoty stavby a využívá se k přihřívání stavby

během večera. I v mrazivých dnech, kdy nedochází k přímému slunečnímu svitu, není nutné v dobře orientovaném a kvalitně zatepleném domě topit až do večera. Akumulace tepla do obvodového zdiva, příček, podlah (kamenných, plnocihlových nebo betonových) a obkladů výrazně tlumí kolísání teplot mezi dnem a nocí. V létě, kdy slunce svítí kolmo, se už při malém přesahu střechy sluneční paprsky nedostanou dovnitř domu.

4.2 Aktivní využití solární energie

Pro aktivní využití solární energie slouží termické a fotovoltaické kolektory. V termických kolektorech dochází k ohřevu vody, která se využívá jako užitková, na vytápění nebo k ohřevu bazénů. Fotovoltaické kolektory zase pomocí tzv. fotovoltaického jevu přeměňují sluneční záření na elektrickou energii.
Možnosti aktivního využití slunečního záření jsou závislé především na dvou faktorech. Prvním je doba slunečního záření, která se uvádí jako průměrná hodnota za určité časové období, nejčastěji za rok. Tato hodnota činí v ČR zhruba 1500 hodin ročně. Druhým faktorem je intenzita slunečního záření, jejíž hodnota představuje množství sluneční energie, které dopadne na jednotku vodorovné plochy za určité časové období. V ČR je tato hodnota mezi 950 a 1250 kWh/m^2 za rok.
Oba faktory jsou vždy ovlivňovány aktuálním počasím. Přestože množství dopadajícího slunečního záření v ČR kolísá a nejvíce ho dopadá v létě, kdy je jeho potřeba nejnižší, jsou zde podmínky pro využití solární energie poměrně dobré.

4.3 Stav řešené problematiky a historie

Historie solárního článku se začala datovat rokem 1839, kdy francouzský experimentální fyzik Edmund Becquerel při pokusech s 2 kovovými elektrodami umístěnými v elektrovodivém roztoku zjistil, že při osvícení zařízení vzrostlo na elektrodách napětí, tj. FV efekt. Za vynálezce křemíkového solárního článku bývá označován Američan Russel Ohl (1941). Patent na „převaděč solární energie“ dostali však 5. března 1954 D. M. Chapin, C. S. Fuller a G. L. Pearson, kteří o měsíc později předvedli křemíkové solární články s účinností 4,5 % a později 6 %. Účinnost článků v roce 1958 dosáhla 9 %, a proto byly FV články použity na napájení umělé družice USA Vanguard I. V roce 1960 se jejich účinnost vyhoupla na 14 % a tak první telekomunikační družice Telstar mohla být zásobena zdrojem o 15 W. I když se v této době solární články již vyrábějí komerčně, vzhledem k jejich závratné ceně se používají jen výjimečně. K výraznému zlevnění solárních článků nepřispěla ani naftová krize v 70. letech, ačkoliv ostatním alternativním zdrojům energie (využití větru, ohřev vody) pomohla. Bouřlivý rozvoj výroby fotovoltaických článků zaznamenáváme až v posledních letech díky masivním vládním podporám. Snižování investičních nákladů je dosahováno synergickým[2)] efektem zvyšování objemu produkce (úspory z výroby ve velkém), dalším zvyšováním účinnosti jednotlivých komponent a snižováním spotřeby materiálů.

[2)] Synergie je jev, při kterém součinnost dvou a více jeho subjektů (veličin) má větší účinek (výsledný efekt) než jejich součet.

V roce 1981 se solárnímu letadélku podařilo přeletět kanál La Manche. Jmenovalo se Solar Challenger a jeho výkon byl 2,5 kW, poháněnému 16 128 články. V kosmu byla solární energie vyzkoušena na družici Vanguard v roce 1958. Od té doby solární zdroje napájejí každou kosmickou loď. Ale pozor – již nyní se uvažuje o vybudování kosmické elektrárny, která by kroužila kolem Země ve výšce 35 km. Pomocí fotoelektrických článků by získávala energii, která by byla přenášena na Zem mikrovlnami a v měničích převáděna na elektřinu vhodnou pro rozvodnou síť.

Solární vodík vzniká elektrolýzou vody proudem získaným ze sluneční energie. Je ideální možností jak skladovat energii. Je testován jako alternativní palivo do automobilů a letadel, kde má možnost nahradit stávající fosilní paliva. Při nízkoteplotní oxidaci nezatěžuje vodík životní prostředí žádnými škodlivými zplodinami a je plynem, který má na kilogram nejvyšší spalné teplo. Lze jej skladovat a transportovat – a proto je předurčen jako způsob konzervace sluneční energie. Historie fotovoltaických článků se zdá poměrně dlouhá, nicméně opravdu významné počiny registrujeme až v posledních patnácti letech.

4.4 Vývoj v České republice

Dlouhodobě se v České republice využívaly fotovoltaické články na malé ostrovní systémy pro nezávislé napájení objektů v odlehlých lokalitách. Jednalo se převážně o chaty, ke kterým nebyl přiveden elektrický proud a FV systém sloužil k napájení osvětlení a drobných elektrických spotřebičů s výkonem 30 – 100 W. Větší aplikace tohoto charakteru s výkonem 400 W pro napájení osvětlení byla instalována na horských chatách. Mezi první větší instalace patří ukázkové systémy bez připojení k rozvodné síti. S první větší instalací se setkáváme v roce 1998, kdy společnost ČEZ, a.s. umístila na hoře Mravenečník v Jeseníkách fotovoltaickou elektrárnu o výkonu 10 kW. Úloha této elektrárny byla především výzkumná a ověřovací. Z provozních důvodů byla v roce 2002 přemístěna do lokality Jaderné elektrárny Dukovany.

Od roku 2000 nastává nová fáze vývoje fotovoltaiky v ČR. Postupně jsou státní správou a místní samosprávou zaváděny podpůrné nástroje na podporu fotovoltaických systémů, a to jak na podporu demonstračních projektů, tak podporu vývoje a výzkumu. Kromě výkupních cen je v současnosti rozvoj fotovoltaiky stimulován také pomocí finančních prostředků ze Strukturálních fondů Evropské unie v rámci Operačních programů a prostřednictvím Národních programů Ministerstva životního prostředí a Ministerstva průmyslu a obchodu. Od roku 2007 začalo nové šestileté programovací období pro čerpání peněz z EU. Tak instalací FV systému rapidně přibývá a objevují se především FV elektrárny umístěné na volných plochách, které dodávají energii do sítě.

Na začátku roku 2008 byl instalovaný výkon kolem 3,5 MWp a na jeho konci dle udělených licencí ERÚ, jejichž počet je 1214, je instalovaný výkon 54,3 MWp. Tento neuvěřitelný rozvoj instalací fotovoltaických systémů způsobil, že servery zabývající se jejich katalogizací, již nejsou schopny je vyhledávat a zařazovat.

4.5 Budoucnost a podmínky fotovoltaických článků v architektuře

FV panely budou recyklovatelné materiály z výrobního procesu (křemík, sklo, hliník apod.) a mohou být znovu využity pro provoz FV systémů. Minimální údržba a obsluha FV bude komplementární s jinými tradičními i obnovitelnými energetickými zdroji. Na instalaci FV systémů lze využít části domů (fasády, střechy), nebo je přímo integrovat do objektů. FV elektrárny bude možno instalovat na jinak nevyužitelné lokality (např. umístění na rekultivovanou skládku).

4.6 Možnosti pasivního využívání solární energie

Na základě stavebního, architektonického a funkčního vztahu fotovoltaika – budova existují tři hlavní kategorie popisující způsob instalace FV panelů:

1. FV panely v otevřené poloze. Panely nesené rámovými konstrukcemi na plochých střechách – nízká míra integrace.
2. FV panely v těsné blízkosti jiných konstrukcí. Panely jako součást fasádních a střešních plášťů či stínící prvky – vysoká míra integrace.
3. FV panely na rozhraní vnějšího a vnitřního prostředí. Transparentní fotovoltaika jako součást výplní otvorů – maximální míra integrace.

4.6.1 Fotovoltaické články v architektuře

Přeměna sluneční energie v energii elektrickou ve FV článcích má všechny předpoklady stát se v 21. století nejrychleji rostoucí oblastí výroby čisté energie. Tato mimořádná důvěra pramení ze samotné podstaty tohoto oboru, tj. elektrická energie není závislá na přítomnosti sítí, nutnosti použití primárních paliv či jiných prostředků, v podstatě stačí dostatek slunečního záření. Tyto předpoklady se musí jednoznačně odrazit v urbanistické a architektonické tvorbě dnešní doby i budoucnosti.

4.6.2 Umístění FV článků v rámci budov

Užití FV systémů na budovách, tj. zastřešení, obvodové pláště, světlíky, zimní zahrady, stínidla (markýzy a lamely), výplně otvorů a dalších prvků, se stává moderním přístupem k architektuře a vytváří tak nový architektonický výraz „solar design“, který přináší nejenom energetický profit, ale i úspěšně nahrazuje tradiční materiály a jejich užitné vlastnosti. Fotovoltaické systémy, které jsou jednoznačnou součástí obvodové konstrukce, tedy tvoří vnější souvrství, bývají označovány jako integrované systémy (building integrated photovoltaic systems, BIPV-systems).

4.6.3 Umístění FV článků v rámci volných ploch

Volné plochy v rámci sídel pro instalace FV systémů můžeme vnímat různými způsoby. Jednak jako různé volné plochy, tj. volná nezastavěná území, rozvojové plochy dané územním plánem, brownfields[3)], rekultivované skládky atd. nebo jako rozsáhlé plochy střech (průmyslové haly, výrobní haly, zemědělská stavení, stadiony, ale i panelové domy).

FV články se také mohou uplatnit v širokém spektru utváření městského či vesnického veřejného prostoru (FV jako součást mobiliáře či uměleckého díla) a dodat mu nové estetické hodnoty. Tyto instalace mohou fungovat jako ostrovní systémy či mohou být napojeny na veřejnou síť. Dopravní komunikace tvoří linie, kolem nichž často vzniká prostor, který lze opět využít i k instalacím FV systémů. Ty lze umístit kolem silnic, dálnic či železnic v rámci protihlukových barier, terénních úprav linií či jako sloupořadí.

4.6.4 Umístění FV článků v rámci krajiny

S instalací takové elektrárny je spojeno dovedení distribuční sítě, vybudování příjezdové komunikace a oplocení k zabezpečení jejich prostor. Všechny tyto vícenáklady je třeba nejen ekonomicky posoudit, ale především si uvědomit, že dochází k dalšímu zastavování volné krajiny, zvyšuje se její neprůchodnost a celkově se rozmělňuje přirozené prostředí. A především odběratelé energie jsou vzdálení.

4.6.5 Umístění FV článků v městském prostoru

Pro město jako nositele nových myšlenek a místa s největší koncentrací kapitálu, tj. finančních prostředků, je výroba elektrické energie ze slunce velkou výzvou. Je to nejen jedna ze strategických možností energetické nezávislosti na vzdálených centralizovaných energetických zdrojích, ale také výzva pro nový architektonický obraz města.

FV systémy se výhodně uplatní jak na stávajících objektech, kde lze využít především velké plochy střech, tak při návrzích nových budov, bloků i urbanistických celků. V tomto případě jsou FV nedílnou součástí konceptu navrhování budov šetrných k životnímu prostředí.

[3)] Pojem brownfield je oficiálně definován jako nemovitost (pozemek nebo objekt), která se nachází na současně nebo v minulosti zastavěném území, která není efektivně využívaná, je zanedbaná a případně i kontaminovaná. Jedná se o nemovitost, kterou nelze efektivně využívat, aniž by proběhl proces její regenerace. Brownfield obvykle vzniká jako pozůstatek průmyslové, zemědělské, rezidenční či jiné aktivity.

4.6.6 Umístění FV článků v památkově chráněných územích

Omezením pro instalace FV článků ve městech je ochrana kulturního dědictví vyplývající ze zákona č. 20/1987 Sb. o státní památkové péči. Tato omezující podmínka se může na první pohled zdát zanedbatelná, ale opak je pravdou. Ze 131 měst s počtem obyvatel nad 10 000, kde žije zhruba polovina obyvatel ČR, je v 96 z nich územní památková ochrana. V okolí mnohých obcí se opět nachází památkově chráněné objekty či území. Z výše uvedeného vyplývá, že památková ochrana má značný vliv na utváření našich měst. Fotovoltaika se může vhodně zakomponovat do stávajících sídelních struktur a tím přispět k estetickému zhodnocení. Datování památkově chráněných staveb není jen věcí minulých století, ale i předmětem současnosti.

4.6.7 Umístění FV článků ve venkovském prostředí

Pro tradiční venkovskou zástavbu bylo charakteristické jednotné působení celku, vytvářející obraz vesnice v krajině. Při obnově našich vesnic je tedy důležité dbát na zachování jejich organického sepětí s krajinou, specifického rázu venkovské zástavby, jeho přirozené a jedinečné působivosti v lokalitě.

Při navrhování nové zástavby či rekonstrukce stávající je jednoznačně nejdůležitější její struktura, tj. dodržení hmoty, měřítka, souladu s okolím a dominantami, která utváří malebnost celku. Použité stavební materiály již nejsou tak výrazným, určujícím faktorem. Ty se mnohem rychleji vyvíjí v čase a v minulosti zaznamenaly četné změny.

4.6.8 Budoucnost v usazování FV článků

V dalším vývoji lze předpokládat velké městské celky solárních měst, které se budou rozvíjet od dnešních solárních sídlišť po celá města, megalopole až státy. Do projekčního procesu se významně zapojí další specialisté, tedy kromě architektů, projektantů a techniků to budou především urbanisté, sociologové a energetici.

Architekt jako integrátor FV článků do budov a urbanistických celků je v této chvíli tvůrce jedné části z celkové struktury, jeho kreativita se může neomezeně rozvíjet, bude mít k dispozici urbanistickou koncepci navrženou na principech výstavby šetrné k životnímu prostředí, tj. solární výstavby, s využitím dalších obnovitelných zdrojů energie. V budoucnosti se FV stane nedílnou součástí celkového konceptu.

Nové možnosti pro solární architekturu

Společnosti distribuující v oblasti opláštění budov, propojily své technologické zkušenosti ve výrobě kovových konstrukcí s odbornou znalostí FV a představením revoluční novinky v podobě okenních a fasádních systémů s tenkovrstvou solární technologií. Laicky řečeno, FV panely už netřeba umísťovat jen na střechy s předepsaným sklonem a namířené nejlépe na jih, ale lze je kotvit i na svislé plochy na všechny světové strany a vytvářet z nich architektonicky zajímavé fasádní a okenní systémy.

Okenní a fasádní moduly lze aplikovat v podstatě ve všech oblastech opláštění komerčních objektů, od oken a teplých fasád, přes studené fasády až po protisluneční či předsazená řešení. Kromě zcela nových architektonicky propracovaných fasádních konceptů lze prostřednictvím modulů modernizovat i stávající objekty. Oproti původním fotovoltaickým modulům založeným na krystalické bázi nabízejí amorfní moduly přirozený vzhled, homogenní strukturu, nejrůznější tvary a rozměry skel i různé stupně transparentnosti, což je důležité zejména při použití jako okenních systémů.

Objekty opláštěné moduly tak kromě principu trvalé udržitelnosti, ohleduplnosti k životnímu prostředí či unikátního designu splňují požadavky na ekonomickou efektivnost a výnosnost. Vhodnost systému pro komerční využití mu dává zelenou pro různé typy staveb: kancelářské prostory, výrobní haly, sklady, obchodní centra, nemocnice, rozsáhlé rezidenční objekty i další administrativní prostory.

Nekrystalické moduly

Tenkovrstvá solární technologie, předurčená pro vertikální použití jak u oken, dveří, posuvných systémů, teplých i studených fasád, tak pro zasklení světlíků, nabízí díky své amorfní bázi možnost efektivního využití širšího spektra denního záření i za působení tzv. difúzního světla.

Architektonické možnosti

Další výhodou amorfní[4)] technologie je nižší kolísavost výkonu panelů v závislosti na provozní teplotě. I při velmi vysokém zahřátí vykazují moduly velmi dobré výsledky. Životnost panelů je prodloužena a škodlivé emise spojené s výrobou jsou minimalizovány. Tato technologie nezahrnuje použití těžko odbouratelných prvků. Jako poslední neopomenutelnou výhodu tenkovrstvých modulů zmiňme jejich vliv na design.

Díky homogennímu povrchu přírodní hnědavé barvy (konvenční krystalické moduly jsou charakteristické typickým mřížkovým/síťovitým vzorem namodralého odstínu), transparentnosti (pomocí laseru se ve vrstvě křemíku vytvářejí různé stupně průhlednosti od 10 % do 20 %), možnosti potisku logem a různorodým tvarům nabízejí moduly architektům nepřeberné možnosti nejen z hlediska konstrukčního řešení, ale především také z pohledu designu.

[4)] Amorfní látky jsou látky v pevném skupenství, které nemají pravidelnou (krystalickou) strukturu (mřížku).

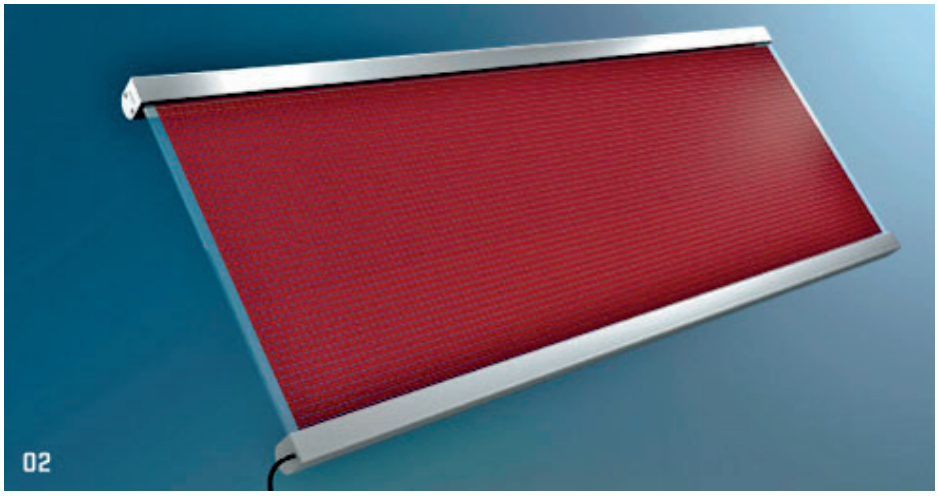
4.7 Předsazená fasáda

Dosud nevyužité celistvé fasády nejrůznějších hal lze opatřit modulárně rozšiřitelným, kompletním a výnosným solárním rámcem, aniž by bylo nutno zasahovat do stávající konstrukce objektu. Těmito panely „Ready to install“ lze během krátké doby výrazně zlepšit energetickou bilanci nejrůznějších průmyslových a skladovacích budov a jejich vliv na životní prostředí. Montáž je rychlá s minimální nosnou konstrukcí i minimálními zásahy do stávajícího objektu.

Obr. 42 Předsazená fasáda, solární výkon 60 – 70 Wp/m2

4.8 Protisluneční clony

Unikátní systémy lze rovněž uplatnit jako zastínění nových i stávajících konvenčních fasád. Esteticky působivá protisluneční ochrana dosahuje vedle stínicí funkce vysokých solárních výnosů a přispívá k atraktivnímu vzhledu budovy. U závěsných panelů lze volit různé stupně transparentnosti i odrazové (neprůhledné) provedení, možnost individuálního opracování laserem, barevných variant a potisku. Stavebnicový princip systémových komponentů zaručuje jednoduchou montáž i maximální projekční a systémovou spolehlivost.



Obr. 43 Protisluneční clona. Esteticky působivá protisluneční clona dosahuje vedle stínicí funkce vysokých solárních výnosů a přispívá k atraktivnímu vzhledu budovy

4.9 Studená fasáda

Je to fasáda, která nevyžaduje transparentnost a průchod světla. Moduly na studenou fasádu jsou efektivním a flexibilním systémovým způsobem integrace tenkovrstvé solární technologie do velkoplošných odrazových fasádních ploch nových i sanovaných komerčních objektů. Díky efektivnímu využívání světla a minimální závislosti na venkovní teplotě systém zaručuje maximální solární výkony. Standardizované řešení (panely jsou vyráběny v několika standardizovaných velikostech, avšak s možností individuálních rozměrů) vede ke snížení pořizovacích nákladů a umožňuje propojení s ostatními fasádními systémy a FV moduly. Hodnota objektu se díky lepší energetické bilanci i snížení emisí CO_2 zvyšuje. Prvotní vyšší pořizovací náklady, které u tenkovrstvé technologie vznikají, jsou rychle amortizovány za vyprodukovanou energii.

Obr. 44 Ukázka řešení pro prostory studených fasád. Provedení panelu: Vícevrstvá skleněná konstrukce, kdy mezi předním a zadním sklem je umístěna fólie s tenkou vrstvou křemíku zapouzdřenou polyvinylbutyralem. Solární výkon: 56 - 60 Wp/m2 v odrazovém provedení (vztaženo k rozměru panelu 1,1 x 1,3 m)

Obr. 45 Detail umístění celistvé fasády. Díky efektivnímu využívání světla a minimální závislosti na venkovní teplotě systém zaručuje maximální solární výkony

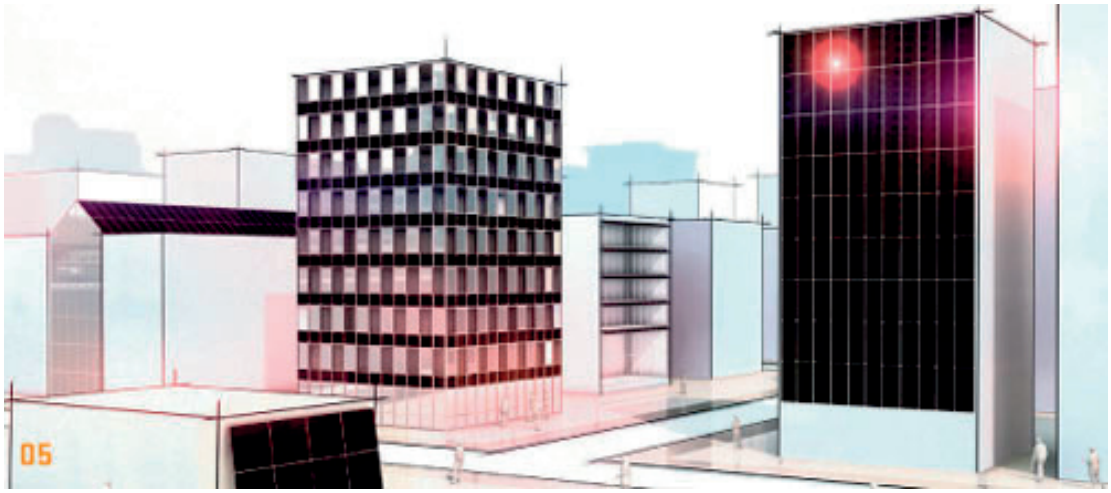
Využití solární energie v závislosti na slunečním svitu

Využití solární energie v praxi samozřejmě probíhá jak v „domácím“ použití tak ve velkém, například v případě solárních elektráren. Možnosti využití solární energie jsou závislé především na dvou hodnotách:

1. **Doba slunečního záření** - je uváděna v hodinách za časové období (měsíc, rok). Průměrná hodnota pro Českou republiku je přibližně 1 500 hodin.

2. **Intenzita slunečního záření** - jedná se o denní resp. měsíční sumu globálního záření na jednotku vodorovné plochy. V České republice roční množství slunečního záření kolísá mezi 950 a 1 250 kWh/m^2.

Obě hodnoty jsou dlouhodobě sledovány v meteorologických stanicích.



Obr. 46 Urbanistická studie využití fasádních modulů v opláštění komerčních objektů

Přestože množství sluneční energie v průběhu roku kolísá a největší množství sluneční energie dopadá v období, kdy spotřeba tepla je nejnižší, lze hodnotit podmínky v České republice jako poměrně dobré pro její využití.

4.10 Energeticky úsporný dům

Energeticky úsporné domy jsou navrženy a postaveny tak, že náklady na zajištění jejich provozu jsou nižší, než stanoví aktuálně platné normy a předpisy. Pro výpočet nákladů na provoz jsou důležité zejména náklady na vytápění a chlazení domu, větrání, ohřev teplé užitkové vody, spotřebu elektrické energie a vody. Do těchto nákladů se nezapočítává spotřeba energie nutné k realizaci stavby, tedy zejména energie potřebná k výrobě a dopravě stavebních materiálů.

Stavební materiály použité pro tyto stavby mají vždy lepší parametry, než pro danou stavbu požaduje ČSN a další předpisy související s výstavbou. Hlavním parametrem, podle kterého je použitá konstrukce posuzována z hlediska tepelně-izolačních vlastností, je tzv. součinitel prostupu tepla, který udává tepelnou ztrátu konstrukce o ploše 1 m^2 prostupem při rozdílu teplot 1 Kelvin. Výsledná hodnota tepelného prostupu je potom udávána ve wattech. Z toho vyplývá, že čím menší hodnotu má výsledek, tím je tepelná ztráta dané konstrukce nižší.

4.10.1 Stavba rodinného domu

Pro posouzení celé stavby z hlediska energetické náročnosti se využívá tzv. měrná potřeba tepla na vytápění, která udává spotřebu tepla v kWh na vytápění 1 m^2 stavby budovy za 1 rok. Zatímco běžné novostavby většinou dosahují hodnot 80-150 kWh/m^2 za rok, u energeticky úsporných domů je tato hodnota podstatně nižší a výrazně tak snižuje náklady na vytápění.

Energeticky úsporné domy můžeme rozdělit do 4 kategorií právě podle měrné spotřeby tepla na vytápění takto:

nízkoenergetický dům – hodnota nesmí být vyšší než 50 kWh/m^2
- pasivní dům – hodnota nesmí být vyšší než 15 kWh/m^2
- nulový dům – hodnota nesmí být vyšší než 5 kWh/m^2
- dům s energetickým přebytkem nebo energeticky nezávislý dům – speciální kategorie domů, které jsou vybaveny systémem na výrobu energie v dostatečné kapacitě na zajištění vlastního provozu

Samotná konstrukce energeticky úsporných domů se v zásadě neliší od běžných novostaveb. Při použití vhodných materiálů a technologických postupů lze libovolou stavbu realizovat jako energeticky úspornou. Při stavbě je třeba dodržovat určité zásady a realizaci provádět naprosto přesně v souladu s projektovou dokumentací. Z tohoto důvodu je dobré, pokud projektant aktivně dohlíží na průběh stavby, aby bylo zamezeno možným rozdílům mezi projektem a jeho výslednou realizací. Takové domy již existují v oblastech, které nejsou na první pohled nijak klimaticky optimální (Dánsko, Skotsko). Města mohou v budoucnu sloužit jako elektrárny. Solární architektura a výstavba slunečních domů a celých slunečních aglomerací je nejdůležitějším úkolem současné rekonstrukce společnosti do solární podoby. Současný podíl energie potřebný pro domácnosti činí ve střední Evropě 40 % z celkové spotřeby a je již prokázáno, že i v méně příznivých klimatických podmínkách lze s úspěchem stavět a provozovat domy, které vyrobí více energie než spotřebovávají.

4.10.2 Propojení solárních článků a panelů

Solární panel (fotovoltaický panel či modul) je soubor několika pospojovaných solárních článků obvykle do výkonu cca 300 W, které generují výstupní napětí odpovídající násobku napětí jednotlivých sériově připojených článků. Zdroje o větším výkonu skládající se z několika propojených solárních panelů se již obvykle nazývají solární elektrárny.

Solární články v panelech nebo jednotlivé solární panely mohou být propojeny v tzv.:

- sériovém zapojení - zvyšuje výstupní napětí a zachovává výstupní proud panelu jednotlivých panelů.
- paralelním zapojení - zvyšuje max. odebíraný proud a zachovává výstupní napětí jednotlivých panelů
- sériově-paralelním zapojení - kombinuje sériové i paralelní pospojování pro získání potřebného výstupního napětí a proudu

POZOR: Pro konstrukci solárního systému (solární elektrárny) by se měly vzájemně propojovat jen solární panely téhož typu jednoho výrobce, který často i definuje, jaký jejich maximální počet lze vzájemně propojit pro zachování definovaných vlastností.

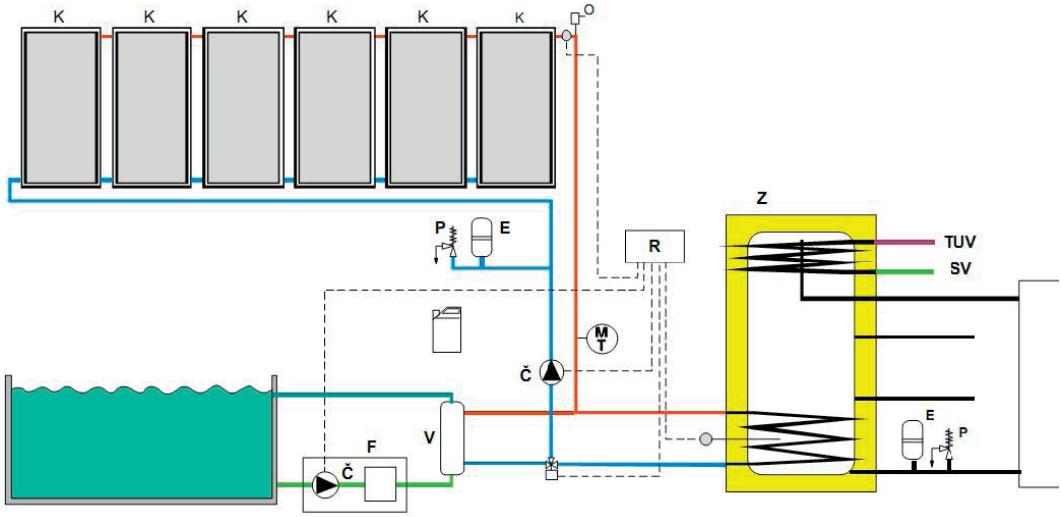
Protože sériové zapojení, kde se vzájemně propojují kladné a záporné póly, slouží pro zvýšení výstupního napětí elektrárny, využívá se ho zejména u systémů dodávajících elektrickou energii do rozvodné sítě, kde je nutné generovat napětí až několik set voltů.

Tam, kde se využívá solární elektřina jen lokálně (tzv. izolované systémy) a je zde potřeba zálohovat energii v akumulátorech s napětím 12 nebo 24 VDC, se využívá paralelního zapojení (vzájemné propojením kladných a záporných pólů panelů či článků). To umožňuje zvyšovat generovaný elektrický výkon při zachování nízkého výstupního napětí zvýšením hodnoty dodávaného el. proudu, protože je celkový výkon solární elektrárny, který je dán součinem napětí a proudu, na struktuře propojení nezávislý.

Naopak při sériovém/paralelním spojení se mění tzv. charakteristické odpory, které jsou důležité pro konstrukci vstupu následujících prvků (měniče, regulátory), na které se soustava solárních panelů připojuje.

K vzájemnému fyzickému propojení panelů do jedné velké celistvé plochy se využívá buď spojování Cu páskou pomocí neagresivního tavidla a páječky (obvykle u panelů určených pro instalaci na střechy) nebo pomocí k tomu určených typů kabelů. Někteří výrobci již panely vybavují konektory pro potřeby snadného připojení a odpojení.

Z pohledu samotné výroby el. energie je nutné poznamenat, že při sériovém zapojení musí téct články či panely stejný proud. Nejsou-li sluncem ozářeny stejnoměrně, každý generuje různý elektrický proud a výstupní proud celé soustavy odpovídá nejhůře osvětlenému prvku. Proto například úplné zastínění jednoho z takto zapojených článků v panelu nebo jednoho panelu v solární elektrárně způsobí, že nepoteče žádný proud a tedy nebude dodáván žádný výkon, i když jsou ostatní články optimálně osvětleny. I z tohoto pohledu je paralelní zapojení výhodnější



Obr. 47 Systém se šesti kolektory a zásobníkem 500 litrů - pro podporu vytápění, ohřevu TUV a bazénu

4.11 Všeobecná osvěta a podpora pro různé využívání solární energie

Výhody využití FV v ČR:

- slunce je nevyčerpatelným zdrojem energie
- nízké provozní náklady (sluneční energie je zdarma)
- vysoká životnost zařízení (20 let) a jeho nenáročná obsluha
- vyrobená energie ze slunečního záření může nahradit 20 - 50 % potřeby tepla k vytápění
- jedna z možností jak snížit hodnotu skleníkových plynů v atmosféře
- zbavení se závislosti na fosilních palivech
- celosvětový rozvoj FV sektoru, snížení cen, zvýšení účinnosti
- decentralizace energetických zdrojů
- energetická soběstačnost na všech úrovních - domy, celky, obce, regiony, stát
- FV systémy poskytují přidanou hodnotu venkovským oblastem, zejména lidem v rozvojových zemích bez elektrické rozvodné sítě
- minimalizace rozvodných sítí
- celoplošná dostupnost
- FV průmysl vytváří tisíce pracovních míst (v současnosti se jedná v Evropě o 75 tisíc míst, do roku 2020 by to dle Evropské technologické platformy pro FV mělo být až 200 tisíc)
- přispívá ke zlepšení zabezpečení energetických dodávek v Evropě

Nevýhody využití FV v ČR:

- krátká průměrná roční doba slunečního svitu
- velké kolísání intenzity záření v průběhu roku
- poměrně nízká průměrná roční intenzita slunečního záření
- malá účinnost přeměny a z toho plynoucí nároky na plochu článků
- vysoké investiční náklady na instalaci
- poměrně malá životnost v poměru k ceně
- častá potřeba záložního zdroje elektřiny

4.11.1 Hodnocení

FV články mají velkou příležitost stát se v 21. století nedílnou součástí energetické koncepce Evropy i celého světa. Nepřehlédnutelné výhody tohoto zdroje elektrické energie se již dnes promítají do návrhů moderní výstavby, která obsahuje kromě architektonické hodnoty i energetické koncepty. Nicméně je důležité nepodcenit slabé stránky této technologie (podporovat její výzkum a vývoj) a pracovat na strategické eliminaci potenciálních hrozeb.

4.11.2 Podmínky navrhování

Navrhování fotovoltaických systémů není jen problematika správného nastavení panelů vůči slunci, ale je třeba si uvědomit širokou škálu vzájemně propojených vstupních podmínek od přírodních, přes konstrukční až po ekonomické a uvést je do vzájemného souladu. K základním vstupním informacím tedy patří:

- znalost místních podmínek
- množství dostupného slunečního záření
- počet hodin slunečního svitu a intenzita slunečního záření, která se mění i podle znečištění atmosféry, odstupová vzdálenost a výška okolních budov a dalších zdrojů stínění
- síla větru a množství sněhových srážek

4.11.3 Základy BOZP při práci se slunečními a fotovoltaickými panely

Solární kolektory jsou zařízení pro přeměnu světelné energie slunce v tepelnou, kterou předává pomocí teplonosného média spotřebičům.

- Instalaci, zkoušení a údržbu může provádět pouze poučená osoba, doporučujeme použít služeb autorizovaných partnerů.

- Při instalaci kolektorů se vystavuje osoba nebezpečí pádu z výšky, popřípadě úrazu související s manipulací těžkých předmětů.

- Osoby, které manipulují s kolektory na střeše, musí být zabezpečeny bezpečnostním pásy, kolektory musí být pevně uchyceny při použití zdvihacích prostředků.
- Při práci se musí používat pouze odpovídající ochranné prostředky (rukavice, obuv, helmu).

- Při poškození kolektorů hrozí poranění od ostrých hran popřípadě od rozbitého skla.

- Za provozu může teplota kolektoru dosáhnout vysoké hodnoty (cca 150 °C) a vysokého tlaku (6 barů). Pokud je kolektor pod tlakem, nikdy se na kolektoru neprovádějí žádné práce. Po vychladnutí kolektoru, před dalším pokračováním prací, se kolektor musí odtlakovat a odvodnit.

- Na montáž a opravy kolektorů lze používat pouze originální díly výrobce.

- Navazující díly (čerpadla, regulace) jsou většinou napájeny životu nebezpečným napětím. Musí se tedy dodržovat příslušné platné elektrotechnické předpisy a normy.

- Za provozu se na kolektorech nepracuje, hrozí nebezpečí poranění od vysoké teploty a tlaku.

Závěr

Fotovoltaiku je třeba vnímat jako plnohodnotný vícefunkční materiál, který je možné zpracovávat mnoha způsoby a lze ho dle potřeby tvarovat a přizpůsobovat aktuálním potřebám. Můžeme ho vnímat jako povrchovou úpravu, stavební materiál, designový doplněk, ale také jako výrazový umělecký prostředek. Fotovoltaika má široké uplatnění při návrzích obvodových plášťů, šikmých, plochých či obloukových střech, jako součást světlíků, zimních zahrad, jako stínící prvky – lamely, markýzy, také zábradlí, okenice, vitráže atd. Dále mohou být součástí liniových staveb podél komunikací, FV články se objevují jako solitéry v městském mobiliáři či v uměleckých plastikách.

Fotovoltaiku lze využít při obnově stávajících budov a ploch, nebo komplexněji při nové výstavbě. Architekt musí dbát na specifická omezení dané lokality (přírodní, technické, ekonomické, legislativní – např. památková péče a ochrana přírody a krajiny) a pružně na ně reagovat. Při stanovování strategií, která dovolí rozsáhlejší zavádění fotovoltaických systémů do praxe, je třeba z architektonického hlediska brát na zřetel 3 kategorie – volná krajina, zastavěná území – vesnice a zastavěná území – města. Každá kategorie má své jedinečné podmínky a omezení, které je třeba respektovat a nacházet vhodná řešení. Především se do potencionálního konfliktu dostává nová technologie s historií, tj. s tradicemi daného místa a ochranou památek. Zde se najednou střetávají architekt – „novátor“ s architektem – „památkářem“ a dochází k mnoha zbytečným a vyhraněným konfliktům.

Fotovoltaika má velkou příležitost stát se v 21. století nedílnou součástí energetické koncepce Evropy i celého světa. Problematika instalací fotovoltaických článků je v současné době řešena pouze po stránce technické, technologické, energetické, legislativní či ekonomické, ale její význam a přínos z hlediska architektury není doceněn a v české literatuře není zpracován. Jejich užití v praxi naráží na nepochopení či dokonce odpor, jak u pracovníků státní správy, tak u laické veřejnosti. Tento názor vychází ze soudobého trendu instalací fotovoltaických elektráren velkých výkonů na volné plochy. Přitom fotovoltaika může přinést nové filosofické přístupy k utváření architektury, urbanismu sídel i designu.

5. Podpora a osvěta pro využívání obnovitelných zdrojů energie a udržitelný rozvoj společnosti

5.1 Státní politika životního prostředí ČR

Státní politika životního prostředí ČR (SPŽP) pro období 2004 – 2010 byla schválená vládou České republiky v březnu 2004 a vymezila konsensuální rámec pro dlouhodobé a střednědobé směřování vývoje environmentálního rozměru udržitelného rozvoje České republiky.

SPŽP definuje prioritní oblasti životního prostředí, kterými jsou:

- ochrana přírody, krajiny a biologické rozmanitosti
- udržitelné využívání přírodních zdrojů, materiálové toky a nakládání s odpady
- životní prostředí a kvalita života (snižování zátěže toxickými kovy, snižování zátěže ovzduší emisemi, hluk, omezování průmyslového znečištění a rizik)
- ochrana klimatické systému Země a omezení dálkového přenosu znečištění

SPŽP stanoví cíle a opatření nejen ve svých prioritních oblastech, ale i v jednotlivých odvětvových politikách, jako jsou např. energetika, průmysl a obchod, zemědělství, lesní hospodářství, vodní hospodářství, doprava a turistika.

Ministerstvo životního prostředí v rámci své propagační a osvětové činnosti organizuje nebo se účastní výstav a veletrhů, odborných konferencí, filmových přehlídek a festivalů a dalších akcí. Kromě těchto aktivit zajišťuje Ministerstvo životního prostředí odbornou publikační činnost. Samostatnou kapitolu představuje financování neziskových organizací.

5.2 Energetická strategie EU

V souvislosti se vstupem České republiky do EU došlo a stále dochází k harmonizaci technických norem a legislativy na národní úrovni. Energetická strategie EU je nastavena v dokumentu “Zelená kniha o bezpečné, konkurenceschopné a udržitelné energetice” z roku 2006 . Aktuálně je evropská politika doplněna tzv. klimaticko-energetickým balíčkem. Ve strategických dokumentech se více nežli v minulosti zdůrazňuje potenciál dosažitelných úspor energie v budovách.

Cíle a priority české vlády v oblasti využívání energetických zdrojů jsou uvedeny Státní energetickou koncepcí schválenou usnesením vlády z 10. 3. 2004. Nástrojem k naplňování cílů koncepce je Národní program hospodárného nakládání s energií a využívání jejích obnovitelných a druhotných zdrojů na roky 2006 - 2009, který schválila vláda dne 13. června 2005. Podmínky hodnocení energetické náročnosti budov, které ve vyspělých zemích při provozu spotřebují přibližně 40 % z celkového množství konečné energie, zohledňuje zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií. Poslední novelizace zákona proběhla vydáním zákona č. 61/2008 Sb.

Z výše uvedených novelizací jsou pro místní samosprávy důležité z. č. 180/2005 Sb., o podpoře využívání obnovitelných zdrojů, a z. č. 177/2007 Sb., kterým se do české legislativy zavádí povinnost zpracování průkazu energetické náročnosti budov. Oblastí energetické náročnosti budov se v tomto zákoně zabývá § 6a. V § 6a. odst. 2, jsou uvedeny požadavky na zpracování průkazu energetické náročnosti budov dle v současnosti aktuální vyhlášky č. 148/2007 Sb. Vyhláška do České republiky zavádí nový systém hodnocení provozní energetické náročnosti, kdy kromě spotřeby energie na vytápění a ohřev teplé vody jsou hodnoceny také procesy chlazení, mechanického větrání a umělého osvětlení. Systém hodnocení je založen na bilančním způsobu (tzn. standardním užívání objektu v jednotlivých klimatických oblastech). Kdy je nutné průkaz energetické náročnosti budov doložit (§ 6a, odst. 2.):

- při výstavbě nových budov,
- při větších změnách dokončených budov s celkovou podlahovou plochou nad 1 000 m^2, které ovlivňují jejich energetickou náročnost,
- při prodeji nebo nájmu budov nebo jejich částí
- při decentralizaci systémů dodávek energie založené na energii z obnovitelných zdrojů, při kombinované výrobě elektřiny a tepla,
- při dálkovém nebo blokovém ústředním vytápění, v případě potřeby chlazení

Nejdůležitější technické normy z oblasti hodnocení energetické náročnosti budov jsou založeny na harmonizovaných českých a evropských technických normách.

5.3 Environmentální vzdělávání, výchova a osvěta

Environmentální vzdělávání, výchova a osvěta (EVVO) má v České republice dlouhodobou tradici. Koncepční podpora environmentálního vzdělávání se ale výrazně posunula až na konci devadesátých let. Významným mezníkem bylo v říjnu 2000 přijetí základního strategického dokumentu zajišťujícího dlouhodobý rozvoj EVVO v ČR - Státního programu environmentálního vzdělávání, výchovy a osvěty v České republice. Dokument stručně uvádí čtenáře do problematiky a definuje nezbytnou terminologii. Posouvá pojetí výchovně vzdělávacího procesu z roviny ekologie jako vědy o vztazích mezi organismy a prostředím do roviny environmentální, kde jsou základem systémové souvislosti v kontextu stále se zrychlujícího antropocentrického ovlivňování přírodního prostředí, stanovuje cíle, nástroje a úkoly dělené dle cílových skupin.

Pracovní skupina pro kontakt dětí s přírodou
Ministerstvo životního prostředí je koordinátorem Pracovní skupiny pro kontakt dětí s přírodou, která je složena ze zástupců resortů a jejich odborných ústavů, vysokých škol, NNO, škol a mateřských škol. Aktuálně se pracovní skupina zabývá podporou rozvoje eko školek a lesních mateřských škol a úpravou školních hřišť a zahrad v přírodním stylu.

Indikátory krajských systémů EVVO v roce 2009
Indikátory krajských systémů EVVO, monitorují a vyhodnocují zabezpečení a podmínky pro EVVO v daném kraji (koordinaci, rozsah realizovaných programů, finanční zdroje apod.). Data pro indikátory jsou sbírána každoročně již 7 let - z přiložených map lze vysledovat dlouhodobé trendy v dílčích ukazatelích.

Akční plán Státního programu EVVO na léta 2010-2012
Strategický dokument pro oblast EVVO přijatý usnesením vlády č. 1302 ze dne 19. října 2009.

Analýza stavu environmentálních vzdělávacích center v ČR
Studie vytvořená v roce 2009, která postihuje aktuální stav environmentálních vzdělávacích center v České republice. Studie vznikla na základě veřejné zakázky Ministerstva životního prostředí. Studie se měla zaměřit na stav ekocenter, jejich kapacitu a potřebnost v kontextu možnosti čerpání finančních prostředků z Operačního programu životního prostředí na rozvoj jejich infrastruktury a materiálního zabezpečení.

Strategické dokumenty EVVO v České republice
Strategickými dokumenty EVVO se rozumí především Státní program environmentálního vzdělávání, výchovy a osvěty a na něj navazující akční plány. Dále také Meziresortní dohoda o spolupráci mezi MŽP a MŠMT.

Vzdělávání o obnovitelných zdrojích energie a úsporách energie
Ministerstvo životního prostředí zřídilo pracovní skupinu pro vzdělávání o obnovitelných zdrojích energie (OZE) a úsporách energie, jejímiž členy jsou přední odborníci na danou problematiku, zástupci Národního ústavu odborného vzdělávání (NÚOV), ředitelé škol technického zaměření, odborníci v oblasti energetiky a zástupci NNO environmentálního zaměření. Pracovní skupina vytvořila obsahové a kompetenční rámce a ukázkové vzdělávací moduly pro vzdělávání v oblasti OZE a úspor energií, určené pro počáteční i další vzdělávání.

Témata diplomových prací z oblasti ekologické výchovy a ochrany životního prostředí
Existuje databáze volitelných témat diplomových a dalších studentských prací z oblasti ekologické výchovy a ochrany životního prostředí. Témata jsou zveřejňována organizacemi zapojenými v programu Národní síť environmentálního vzdělávání, výchovy a osvěty.

Program Ekoškola
Ekoškola (Eco-Schools) je mezinárodní program určený základním i středním školám. Jeho cílem je propojit enviromentální výchovu ve škole s konkrétními praktickými kroky, které vedou k její ekologizaci. V ČR je koordinován Sdružením Tereza.

Národní síť environmentálního vzdělávání, výchovy a osvěty
Národní síť environmentálního vzdělávání, výchovy a osvěty (Národní síť EVVO) je program odborného a kapacitního rozvoje středisek ekologické výchovy plošně v ČR. Program vznikl v roce 1999, aktuálně je administrován Sdružením středisek ekologické výchovy Pavučina a ČSOP. Program je dlouhodobě financován z prostředků MŽP a v letech 2008-2010 i z prostředků MŠMT. Program významně pomáhá naplňovat úkoly akčních plánů Státního programu environmentálního vzdělávání, výchovy a osvěty ČR.

Škola pro udržitelný život.
Společný grantový a asistenční program Nadace Partnerství a Střediska ekologické výchovy SEVER určený mateřským, základním a středním školám ve vybraných regionech ČR.

5.4 Agenda 21

Dokument Agenda 21 byl přijat na summitu OSN v Rio de Janeiro v roce 1992. Jedná se o globální strategický a akční plán světového společenství, který stanovuje konkrétní kroky směrem u udržitelnému rozvoji. Právě tento dokument obsahuje vymezení toho, oč v MA21 jde především.

Kapitola 28 Agendy 21 říká: „*Velké množství problémů a řešení obsažených v Agendě 21 má své kořeny na úrovni místních aktivit; participace a spolupráce místních úřadů bude proto faktorem určujícím úspěšnost realizace jejich cílů. Místní úřady vytvářejí, řídí a udržují ekonomickou, sociální a environmentální infrastrukturu, dohlížejí na plánování, formují místní politiku životního prostředí a předpisy a pomáhají při implementaci národní a subnárodní environmentální politiky. Protože jsou úrovní správy nejbližší lidem, sehrávají důležitou roli ve výchově, mobilizaci i při reakci na podněty veřejnosti a napomáhají tak dosažení udržitelného rozvoje.*“

Zásadní roli v MA21 hraje místní veřejná správa. Bez její aktivní vůle nemůže místní Agenda 21 jako dlouhodobý koncepční proces vzniknout, ani dále fungovat. Veřejná správa - jak úředníci, tak především politici - má prostředky k vytváření prostoru a dobrých podmínek ke spolupráci, dialogu a vzájemné komunikaci. A měla by mít, bez ohledu na politickou orientaci, zájem takovéto prostředí vytvářet, neboť kvalita života a spokojenost občanů jsou jistě nadstranickými cíli, společnými napříč politickým spektrem. Veřejná správa sama však kvalitní místní Agendu 21 nezajistí.

Protože jde o proces participativní, tedy účastenský, nezbytně k tomu potřebuje spolupráci s různými složkami místní společnosti – neziskovými organizacemi a spolky, podnikateli, provozovateli služeb, či třeba školskými zařízeními, zdravotnickými institucemi a řadou dalších subjektů, včetně široké neorganizované veřejnosti. Jedině taková veřejná správa může vést k dlouhodobě udržitelnému rozvoji obce či regionu.

5.5 Vzdělávání k udržitelnému rozvoji společnosti

Koncepce udržitelného rozvoje (trvale udržitelného rozvoje) představuje alternativní model vývoje společnosti oproti dominující industriální ekonomice. Odráží přirozené environmentální limity hospodářského růstu; politiky na této koncepci založené prosazují uvedení hospodářského a společenského vývoje do souladu s kapacitami ekosystémů, se zachováním přírodních hodnot a biologické rozmanitosti pro nynější i příští generace.

Klasická definice ze zprávy Komise OSN pro životní prostředí a rozvoj (tzv. Zpráva Brundtlandové) z r. 1987 zní takto: „Udržitelný rozvoj je takový rozvoj, který zajistí potřeby současných generací, aniž by bylo ohroženo splnění potřeb generací příštích, a aniž by se to dělo na úkor jiných národů."

Právo člověka na příznivé životní prostředí je obsaženo v zákoně o životním prostředí z 5.12.1991 (17/1992 Sb.). Zákon definuje v § 6 trvale udržitelný rozvoj jako rozvoj, který současným i budoucím generacím zachovává možnost uspokojovat jejich základní životní potřeby a přitom nesnižuje rozmanitost přírody a zachovává přirozené funkce ekosystémů.

V ČR byla první Strategie udržitelného rozvoje schválena v r. 2004, aktuálně platný dokument byl jako Strategický rámec udržitelného rozvoje České republiky (SRUR ČR) schválen usnesením vlády ČR č. 37 ze dne 11. ledna 2010. Tento dokument tvoří dlouhodobý rámec pro politická rozhodování v kontextu mezinárodních závazků, které ČR přijala v souvislosti s členstvím v EU, OECD a OSN, respektující zároveň specifické podmínky ČR. Slouží jako východisko pro zpracování koncepčních materiálů a pro strategické rozhodování v rámci státní správy a územní veřejné správy a pro jejich spolupráci se zájmovými skupinami.

Přijetím SRUR prokazuje ČR soustavné plnění závazků vyplývajících ze závěrů jednání Světového summitu o udržitelném rozvoji v Johannesburgu (2002), hlásí se k závěrům konference Země v Riu de Janeiro v roce1992, k rozvojovým cílům Deklarace tisíciletí OSN, k závěrům jednání Komise OSN pro udržitelný rozvoj z roku 2003 (zejména Mezinárodní víceletý program činnosti Komise do roku 2017). Na základě výše uvedeného usnesení vlády má být aktualizovaný materiál předložen do konce roku 2015.

Vzdělávání pro udržitelný rozvoj (VUR) představuje aktuální přístup v oblasti vzdělávání, který aplikuje základní principy a témata udržitelného rozvoje do vzdělávání všech typů a úrovní. VUR ve vzdělávání výrazně akcentuje především propojování souvislostí a vzájemnou interakci mezi ekonomickými, sociálními, environmentálními, ale i právními aspekty rozvoje, je významně interdisciplinární povahy a široce se opírá o společenskovědní disciplíny.

Mezi témata VUR se řadí například aktivní občanství, zmírňování chudoby, bezpečnost, lidská a občanská práva, udržitelná spotřeba a výroba, odpovědnost v lokálních i globálních souvislostech, zdraví, environmentální šetrnost a řada dalších. Vzdělávání pro udržitelný rozvoj v metodách i tématech navazuje na rozšířenější environmentální vzdělávání, výchovu a osvětu.

Dne 9. července 2008 přijala vláda České republiky Strategii vzdělávání pro udržitelný rozvoj ČR (2008-2015), která stanovuje priority a strategická opatření v oblasti vzdělávání pro udržitelný rozvoj (VUR) pro období 2008 až 2015. Strategie bude realizována prostřednictvím Akčních plánů, které stanoví konkrétní aktivity v jednotlivých strategických oblastech a odpovědnosti za jejich plnění. Akční plány zpracovává Pracovní skupina pro VUR při Radě vlády pro udržitelný rozvoj, ve které jsou kromě zástupců resortů i zástupci vysokých škol, NNO a dalších vzdělavatelů.

Realizaci Strategie koordinuje Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy ve spolupráci s Ministerstvem životního prostředí. Strategie se hodlá soustředit především na rozvoj kompetencí vzdělavatelů na všech stupních vzdělávání (v rámci předškolního, základního a středního, vyššího odborného, vysokoškolského i dalšího vzdělávání), rozvoj kompetencí příjemců vzdělávání a dostatečnou a dostupnou nabídkou vzdělávacích programů.

5.6 Fotovoltaika na střeše domu a právní předpisy

V uplynulém období probíhaly bouřlivé diskuze na téma zdaňování solárních elektráren a byla navrhována nová vládní opatření. Pokud i přes to všechno chcete umístit solární panely na střechu svého domu, nenechte si ujít následující informace.

Podnikání v energetických odvětvích podle energetického zákona je výkonem samostatné výdělečné činnosti, a proto i provozovatelé solárních elektráren na střechách svých domů jsou považováni za osoby samostatně výdělečně činné se všemi důsledky, které z této skutečnosti vyplývají.

Vedení daňové evidence nebo podvojného účetnictví?

Dle současné legislativní úpravy - zákona o účetnictví, vedou účetnictví fyzické osoby, kterým povinnost vedení účetnictví ukládá zvláštní právní předpis. Zvláštním právním předpisem je v tomto případě Energetický zákon. Tento zákon v § 11 stanoví, že držitel licence je povinen být účetní jednotkou dle zákona o účetnictví.

V současné době je ode dne zahájení výroby a prodeje elektrické energie povinností fyzické osoby vést podvojné účetnictví. To se ale změnilo od 1. ledna 2011, kdy by fyzické osobě provozující solární elektrárnu bylo umožněno vést pouze daňovou evidenci. Zákonem č. 155/2010 Sb., kterým se mění některé zákony ke zkvalitnění jejich aplikace a ke snížení administrativní zátěže podnikatelů, byla tato povinnost zrušena.

Novela zákona nemá žádná přechodná ustanovení a tudíž nemusí muset vést účetnictví pouze ti, kteří obdrželi licenci v dalším roce. Provozovatelé solárních elektráren, kteří už účetnictví vést začali, by měli na vedení daňové evidence přejít až po uplynutí pěti let od započetí účtování, jak stanovuje zákon o účetnictví.

Sociální pojištění

Pro placení sociálního pojištění je rozhodující, zda podnikatel vykonává provozování elektrárny jako hlavní nebo vedlejší činnost. Podnikatel, který vykonává provozování střešní elektrárny jako hlavní samostatnou výdělečnou činnost (tedy podnikání je pro něj zpravidla jediným zdrojem příjmů), má povinnost platit pojistné na sociální pojištění vždy, a to formou pravidelných měsíčních záloh a případně doplatku po podání přehledu o příjmech a výdajích, je-li stanovené pojistné vyšší než úhrn zaplacených záloh.

U vedlejší samostatné výdělečné činnosti je účast na pojištění závislá na výši dosažených příjmů po odpočtu výdajů, na výši dosaženého tzv. daňového základu. Pokud daňový základ dosáhl rozhodné částky podle § 10 odst. 2 zákona o důchodovém pojištění, je osoba samostatně výdělečně činná povinna platit pojistné na sociální pojištění Vyměřovacím základem pro pojistné je pak částka, kterou si určí, ne však méně než 50 % daňového základu. Při stanovení vyměřovacího základu pro pojistné se u dosažených příjmů z provozování solárních elektráren, které jsou naposledy v roce 2010 osvobozeny, se postupuje tak, jako by osvobozeny byly.

Zdravotní pojištění

Provozovatel střešní solární elektrárny je povinen ze své výdělečné činnosti platit zdravotní pojištění, a to i v případě, kdy je provozování elektrárny vedlejší činností podnikatele nebo za podnikatele platí pojistné zdravotního pojištění stát (např. důchodci, žena na mateřské apod.)

Daň z příjmů

V současné době jsou příjmy z této činnosti u fyzických osob podle § 4 odst. 1 písm. e) zákona o daních z příjmů osvobozeny, a to v roce, kdy byla poprvé elektrárna uvedena do provozu, a v pěti bezprostředně následujících letech. Novela zákona o daních z příjmů, s účinností od 1. 1. 2011, daňové prázdniny pro provozovatele solárních elektráren zrušilo a osvobození daně příjmů fyzických osob bylo možné použít u všech provozovatelů elektráren už jen za zdaňovací období roku 2010.

Daňové odpisování

U solární elektrárny instalované na střeše budovy dojde z hlediska daňových odpisů k technickému zhodnocení této budovy a také ke vzniku samostatné movité věci – solárního systému produkujícího střídavý nebo stejnosměrný proud. Tento systém v současné době spadá do třetí odpisové skupiny s dobou odpisování 10 let.

Novela zákona o daních z příjmů přinese nová opatření i v oblasti daňových odpisů. Části solární elektrárny, označené ve Standardní klasifikaci produkce kódem 31.10, 31.20 a 32.10, jenž se nyní odpisují ve druhé a třetí odpisové skupině , budou mít prodloužené odpisy bez výjimky na 20 let. Pro všechny provozovatele elektráren budou zavedeny povinné rovnoměrné odpisy bez možností jejich přerušení.

Daň z přidané hodnoty

Provozovatel solární elektrárny je z hlediska daně z přidané hodnoty tzv. osobou povinnou k dani. Osobou povinnou k dani je fyzická osoba, která uskutečňuje ekonomické činnosti. Definici ekonomické činnosti nalezneme v § 5 odst. 2 zákona o dani z přidané hodnoty. Jedná se o soustavné činnosti konané za účelem dosažení zisku, čímž provozování solární elektrárny na střeše domu bezesporu je.

Provozovatel se stává plátcem daně z přidané hodnoty, a to po dosáhnutí obratu jeden milion korun za období 12 bezprostředně předcházejících kalendářních měsíců. Plátcem DPH se může stát i dobrovolně. Stane-li se provozovatel elektrárny plátcem, bude odvádět DPH z veškeré elektřiny dodávané do distribuční sítě (to se může týkat i elektřiny užívané pro potřebu rodinného domu nebo jeho příslušenství). Plátce má v tomto případě za podmínek stanovených v § 72 a 73 zákona o DPH nárok na odpočet daně. Při pořízení solárních elektráren instalovaných na rodinné či bytové domy je možné dodavatelem technologie uplatnit v souladu s § 48a zákona o dani z přidané hodnoty sníženou sazbu DPH 10 %. Jedná se o výjimku pro tzv. stavby sociálního bydlení, která se vztahuje na rodinné domy o celkové podlahové ploše do 350 m^2 a pro bytové domy, ve kterém jsou pouze byty o výměře do 120 m^2.

Další legislativní změny v oblasti střešních solárních elektráren

Poslanecká sněmovna dne 29. 10. 2010 schválila v prvním čtení malou novela zákona o obnovitelných zdrojích. Solární elektrárny budou zásadně omezeny tím, že od března roku 2011 se podpora výroby solární energie zřejmě omezí jen na solární panely na střechách a budovách o výkonu do 30 kWp. Skončit má naopak podpora pro elektrárny na volných plochách a také výrobu pro vlastní spotřebu.

ZELENÝ TEST

1. Maximum výkonu dodává solární kolektor za slunného dne v čase kolem
a) 10.00 h
b) 12.00 h
c) 14.00 h
d) 16.00 h

2. Životnost slunečních kolektorů se pohybuje kolem
a) 10 let
b) 20 let
c) 30 let
d) 40 let

3. Sluneční kolektory se instalují nejčastěji na šikmou střechu
a) se sklonem 250 s jižní až jihovýchodní orientací
b) se sklonem 450 s jižní až jihozápadní orientací
c) se sklonem 500 s jižní až jihovýchodní orientací
d) se sklonem 600 s jižní až jihozápadní orientací

4. Běžná domácnost spotřebuje na ohřev užitkové vody asi
a) 2 600 kWh energie
b) 6 800 kWh energie
c) 12 400 kWh energie
d) 16 500 kWh energie

5. Solární kolektory mohou uspořit na ohřevu užitkové vody běžné domácnosti až
a) 40 % energie
b) 50 % energie
c) 70 % energie
d) 90 % energie

6. Průměrná roční hodnota skutečného energetického zisku standardního kolektoru je
a) 100 kWh/m2 absorbční plochy
b) 300 kWh/m2 absorbční plochy
c) 600 kWh/m2 absorbční plochy
d) 800 kWh/m2 absorbční plochy

7. Investiční náklady na pořízení 2 ks slunečních kolektorů včetně příslušenství se pohybují okolo
a) 30.000,- Kč
b) 50.000,- Kč
c) 70.000,- Kč
d) 120.000,- Kč

8. Fotovoltaický (solární) článek je
a) elektromagnetická součástka
b) tenzoelektrická součástka
c) polovodičová součástka
d) supravodivá součástka

9. Tloušťka komerčně vyráběného solárního článku nepřesahuje
a) 400 μm
b) 4 mm
c) 40 mm
d) 400 mm

10. Nejvíce používaný materiál pro výrobu solárních článků je
a) hliník
b) křemík
c) hořčík
d) měď

11. Systémy Grid-off (autonomní) mají maximální výkon
a) 10 W
b) 100 W
c) 1 kW
d) 10 kW

12. Měnič napětí u fotovoltaického systému mění napětí
a) 230 V AC/12 V DC
b) 230 V AC/24 V DC
c) 12 V - 24 V DC/220 V AC
d) 12 V - 24 V DC/230 V AC

13. Ideální akumulátorová baterie pro fotovoltaické systémy by
a) měla mít maximální možné samovybíjení
b) neměla být olověná
c) měla umožňovat cyklický provoz
d) neměla obsahovat alkalické články

14. Výměra pozemku, na které bude sluneční elektrárna se pohybuje okolo
a) 1,7 násobku plochy panelů
b) 2,7 násobku plochy panelů
c) 3,7 násobku plochy panelů
d) 4,7 násobku plochy panelů

15. Životnost fotovoltaických panelů je asi
a) 5 let
b) 10 let
c) 20 let
d) 40 let

16. Pro nejefektivnější využití slunečního záření jsou solární panely umístěné pod úhlem
a) méně než 15°
b) okolo 15°
c) okolo 35°
d) více než 60°

17. Jeden fotovoltaický článek má napětí
a) 0,1 V
b) 0,5 V
c) 12 V
d) 24 V

18. Jednotkou nominálního výkonu fotovoltaického panelu je
a) W
b) Wp
c) VA
d) var

19. Omezením pro instalace fotovoltaických článků ve městech je ochrana kulturního dědictví vyplývající ze zákona
a) č. 19/1985 Sb.
b) č. 20/1987 Sb.
c) č. 19/1989 Sb.
d) č. 20/1993 Sb.

20. Kolik je v České republice měst nad 10 000 obyvatel v nichž platí územní památková ochrana (26 MPR, 68 MPZ, 2 VPR)
a) 68
b) 96
c) 124
d) 153

21. Protisluneční clona
a) je u solárních elektráren neaplikovatelná
b) způsobuje nízký solární výnos
c) má vysoký solární výnos
d) nepřispívá k atraktivnímu vzhledu budovy

22. Průměrná hodnota slunečního záření pro Českou republiku je za rok přibližně
a) 1000 hodin
b) 1500 hodin
c) 2000 hodin
d) 2500 hodin

23. Instalace fotovoltaických systémů do budov a krajiny se stává moderním přístupem k architektuře a urbanismu, čímž vytváří nový architektonický výraz
a) solar design
b) solar divieto
c) solar sun
d) elementi solari

LITERATURA:

- Cenka, M. a kol.: Obnovitelné zdroje energie 1. vydání, Praha, FCC Public 2001, ISBN 80-901985-8-9

- Matuška, T.: Solární soustavy pro bytové domy, 1. vydání, Praha, Grada Publishing, a.s., 2010, ISBN 978-80-247-3503-0

- Murtinger, K., Truxa, J.: Solární energie pro váš dům, 1. vydání, Brno, Computer Press, a.s., 2010, ISBN 978-80-251-3241-8

- JAROMÍR, Řehák, et al. Fotovoltaika a fotovoltaické systémy v podmínkách ČR a jejich navrhování. Praha : Česká energetická agentura, 2006. 61 s.

- BENDA, Vítězslav. Fotovoltaické články – historie a současné trendy vývoje. ABS [online]. 11.11.2010, 11, [cit. 2011-02-17]. Dostupný z WWW: <http://www.asb-portal.cz/tzb/energie/fotovoltaicke-clanky-historie-a-soucasne-trendy-vyvoje-2262.html>.

- Ostrovní systémy (stand-alone, grid-off). Sluneční elektrárny [online]. 2011, 1, [cit. 2011-02-17]. Dostupný z WWW: <http://www.solarenvi.cz/2010/show.php?ida=4&ids=3>.

- Fotovoltaické systémy. IT serve [online]. 2011, 1, [cit. 2011-02-17]. Dostupný z WWW: <http://www.itserve.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=27&Itemid=48>.

- Fotovoltaické články. 1. Varnsdorf : Vyšší odborná škola a střední průmyslová škola Varnsdorf, 2008. 10 s.

- CHADIM, Jakub. Fotovoltaické systémy pro rodinný dům. 1. Brno : Fakulta strojního inženýrství, 2009. 42 s

- SRDEČNÝ, Karel. Fotovoltaika v budovách. 1. Praha : EkoWATT, 2009. 40 s.

- ZÁZVORKA, Petr. Největší fotovoltaická elektrárna ve střední Evropě je v Bušanovicích. Stavebnictví [online]. 2007, 4, [cit. 2011-02-17]. Dostupný z WWW: <http://www.casopisstavebnictvi.cz/nejvetsi-fotovoltaicka-elektrarna-ve-stredni-evrope-je-v-busanovicich_A190_I04_07>.

- POTOČNIK, Janez. Výhledy fotovoltaických technologií. Česká agentura pro obnovitelné zdroje energie [online]. 2009, 1, [cit. 2011-02-20]. Dostupný z WWW: <http://www.czrea.org/cs/studie-a-analyzy/vyhledy>.

- KARAMANOLIS, Stratis. Sluneční energie : Východisko z ekologicko-energetické krize. 1. Praha : Sdružení MAC,s.r.o., 1996. 238 s. ISBN 80-86015-02-5.

- HENZE, Andreas; HILLEBRAND, Werner. Elektrický proud ze slunce : Fotovoltaika v praxi. 1. Brno : HEL, 2000. 136 s. ISBN 80-86167-12-7.

- Katalog společnosti Schüco dostupné na www, Kolektiv autorů. Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v České republice. 2.vyd. Praha : ČEZ, a.s. 2007. 183 s. Odborná studie skupiny ČEZ, a.s.

- BERANOVSKÝ, Jiří; TRUXA, Jan; kol. autorů. Alternativní zdroje energie pro váš dům. 2.vyd. Brno : Vydavatelství ERA 2004. 125 s. ISBN 80-86517- 89-6.

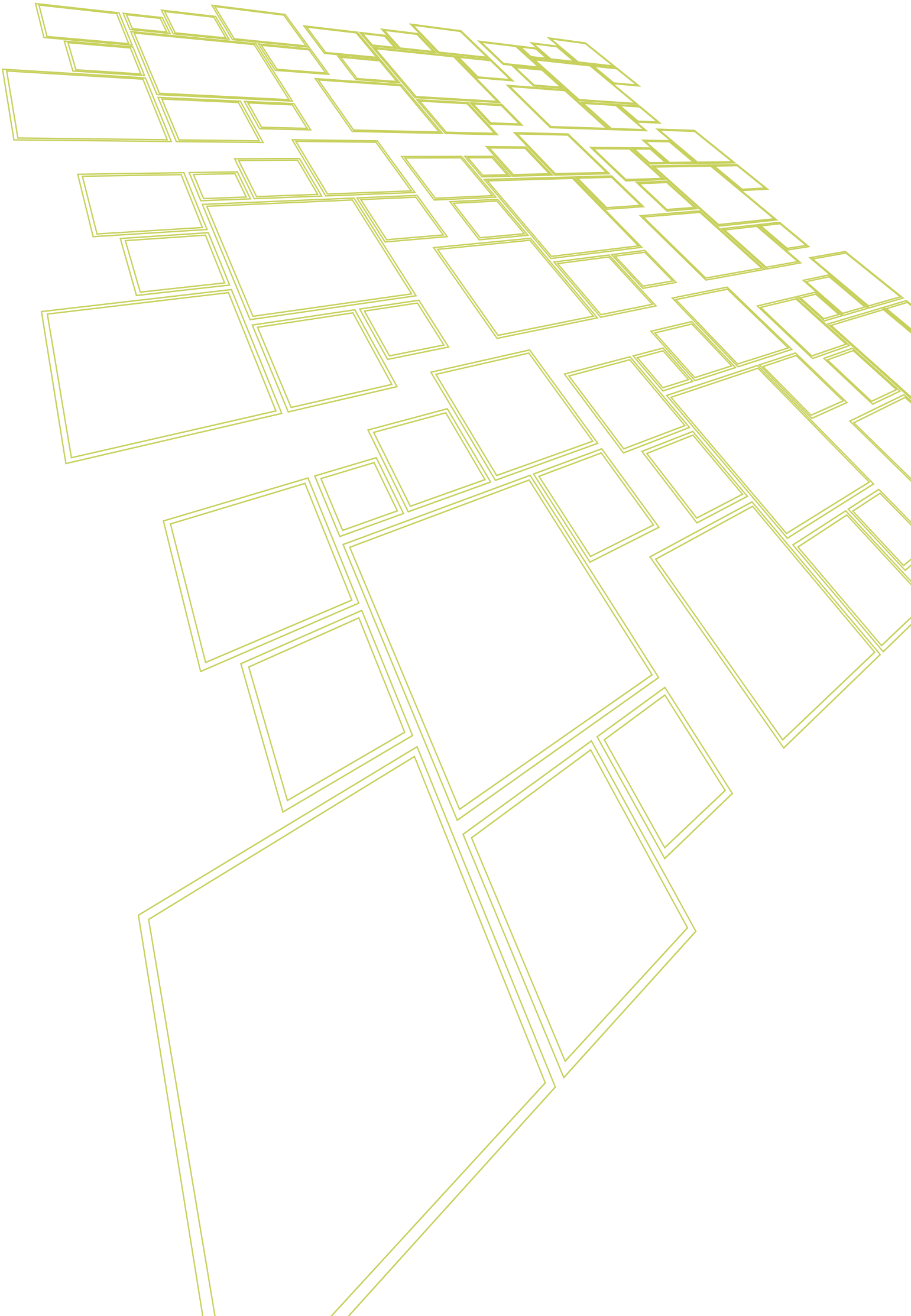
- BAŘINKA, Radim. FV systémy pro výrobu elektrické energie v ČR. Materiály pro stavbu, 2004, č. 2/2004, s.56 - 57.
- http.//www.solarserver.de/solarmagazin/news-ea2009m03.html#opbanner

- BECHNÍK, Bronislav. Historie a perspektivy OZE – fotovoltaika, méně rozšířené technologie. TZB – info [online]. 2009, březen [cit. 30. března 2009]. Dostupné na WWW

- MACHÁČEK, Zdeněk; STANĚK, Kamil. Integrace fotovoltaiky do budov. ABS portál [online]. 2008, únor [cit. 20. ledna 2009]. Dostupné na WWW : http://www.asb-portal.cz/2008/02/04/stavitelstvi/konstrukce-aprvky/integrace-fotovoltaiky--do-budov.html

- LIBRA, Martin; POULEK, Vladislav. Solární energie, fotovoltaika – perspektivní trend současnosti i blízké budoucnosti. 1. vyd. Praha : Česká zemědělská universita v Praze 2005. 122 s. ISBN 80-213-1335-8

- KUČA, Karel; KUČOVÁ, Věra; KIBIC, Karel. Novostavby v památkově chráněných sídlech. 1.vyd. Praha : Národní památkový ústav – ústřední pracoviště, 2004. 151 s. ISBN 80-86234-54-1.

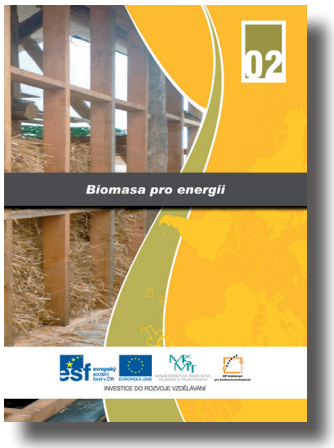


V rámci projektu Zelený most mezi školou a praxí - environmentální vzdělávací moduly pro trvale udržitelný rozvoj, reg. č. CZ.1.07/1.1.00/14.0153 vznikl soubor sedmi učebnic, které poskytují ucelený pohled na současné možnosti využívání obnovitelných zdrojů energie a způsobů, jak šetřit energiemi.

Učebnice jsou určeny studentům středních a vyšších odborných škol a dále všem zájemcům o studium energetiky, stavebnictví a udržitelnosti rozvoje lidstva.

1. Význam, přehled a celkové využití energetických zdrojů

- Kategorizace energetických zdrojů
- Charakteristika obnovitelných zdrojů
- Výhody a nevýhody užití obnovitelných zdrojů
- Energetické úspory
- Udržitelný rozvoj



2. Biomasa pro energii

- Biomasa a její produkce
- Energetické rostliny a další druhy biomasy
- Zpracování biomasy pro energetické využití
- Energetické využití biomasy
- Biotechnologické využití biomasy
- Využití bioodpadů

3. Solární energie

- Význam a využití solární energie
- Solární kolektory a solární systémy
- Fotovoltaické systémy

4. Tepelná čerpadla

- Význam a využití energie akumulované v prostředí
- Tepelná čerpadla – druhy, princip činnosti, užití

5. Úspora energie ve stavebnictví

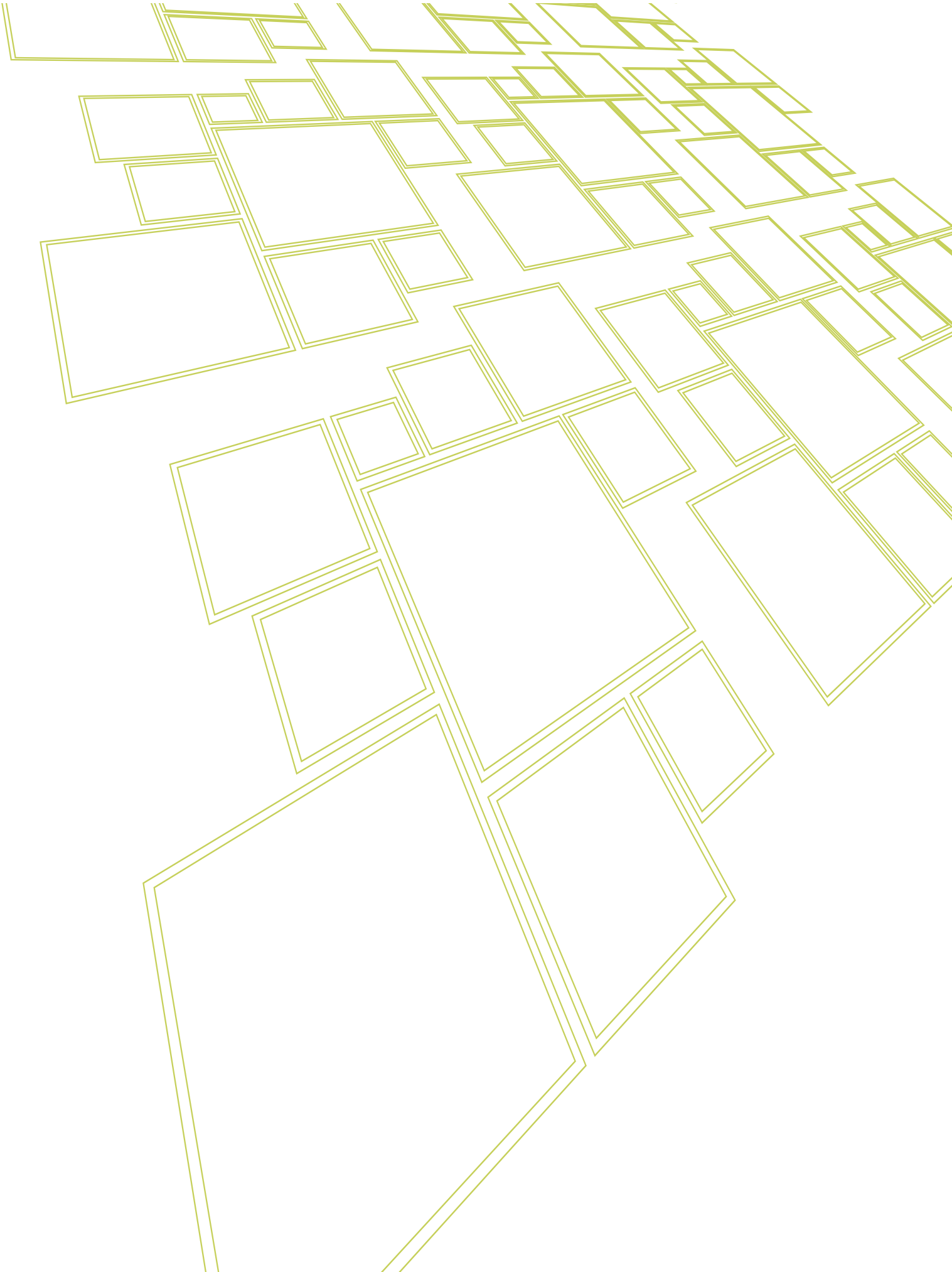
- Materiály
- Snižování energetické náročnosti
- Úspora energie ve stavebnictví
- Ekologicky šetrné stavby

6. Větrná energie

- Význam a využití větrné energie
- Větrné elektrárny
- Podmínky pro stavbu větrných elektráren

7. Vodní energie

- Význam a využití vodních zdrojů energie
- Vodní turbíny a motory
- Montáž turbín
- Vodní elektrárny



BIOMASA PRO ENERGII

Výsledky vzdělávání	Učivo
Žák: - kategorizuje energetické zdroje, objasní význam a perspektivy využívání obnovitelných zdrojů energie - vyjmenuje a stručně charakterizuje všechny druhy obnovitelných a nevyčerpatelných zdrojů energie: slunce, voda, vítr, zdroje živé přírody - biomasa, energie akumulovaná v prostředí, hlubinné geotermální zdroje apod. - vysvětlí obecné výhody a nevýhody využívání obnovitelných zdrojů energie pro udržitelný rozvoj - zdůvodní význam energetických úspor ve vztahu k udržitelnému rozvoji, tj. k ochraně prostředí i k hospodářskému a sociálnímu rozvoji a objasní význam hledání nových energetických zdrojů	**1. Význam a přehled využití obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů** - rozdíl mezi neobnovitelnými, nevyčerpatelnými a obnovitelnými přírodními zdroji - přehled obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů - vztah energetiky k řešení současných globálních a regionálních problémů
- vysvětlí proces vytváření biomasy za různých podmínek a tok energie v trofických vztazích - vysvětlí význam, možnosti a obecné podmínky pro nepotravinářské využití fytomasy (např. v energetice, stavebnictví) a organických zbytků (vedlejších produktů, odpadů) jako alternativního zdroje energie - uvede podíl biomasy ve využití ze všech energetických zdrojů zejména u nás, ale i ve světě	**2. Biomasa a její produkce** - fytomasa jako primární produkce různých ekosystémů (různý podíl dodatkové energie) - nepotravinářská fytomasa, její produkce a využívání (agro, lesní a jiné ekosystémy) - energie v biologických zbytcích a odpadech (zemědělství, potravinářství, lesnictví, komunální sféra, další odvětví)
- uvede hlavní druhy pěstovaných energetických rostlin (dřeviny, byliny a řasy) a jejich biologickou a energetickou charakteristiku - objasní technologii pěstování hlavních druhů energetických rostlin	**3. Energetické rostliny** - druhy rostlin - způsoby pěstování - možnosti využití
- uvede příklady využití polních plodin pro energetické účely - zhodnotí význam rozptýlené zeleně v krajině, vyjmenuje a pozná hlavní druhy rostlin - uvede možnosti využití zbytkové biomasy	**4. Další biomasa využitelná jako zdroj energie** - polní plodiny - rozptýlená zeleň v krajině - zbytková biomasa v krajině

(lesy, sady, stromořadí, porost kolem vodotečí apod.) - vyhledá a hodnotí potenciál biomasy z vedlejších zemědělských produktů - popíše způsoby využití dřevní hmoty po lesní těžbě - odhadne potenciál biomasy z lesa - objasní způsoby zpracování dřevní hmoty pro využití ke spalování (dřevní štěpka, dřevěné brikety, dřevěné pelety) - zhodnotí využitelnost těžebního odpadu pro energetické účely	- využívání vedlejších produktů ze zemědělství a potravinářství - lesní biomasa - dřevní hmota po lesní těžbě a její zpracování
- popíše přípravu pro energetické využití rostlin - uvede a popíše stroje a zařízení používané pro pěstování, sklizeň a zpracování pro využití energetických rostlin (např. sklízecí mechanizmy, sušárny apod.) - objasní možnosti logistiky pro energetiku	**5. Zpracování biomasy pro energetické využití a její distribuce** - stroje a zařízení pro pěstování, sklizeň, úpravy a dopravu biomasy - ekonomické, ekologické a bezpečnostní aspekty využívání biomasy
- popíše výrobu tepla z biomasy ve velkých i malých provozech - popíše výrobu elektřiny z biomasy - vysvětlí principy kogenerace (společné výroby tepla a elektřiny) - porovná výrobu tepla a společnou výrobu elektrické energie a tepla z ekonomického i technického hlediska - zhodnotí význam malých decentralizovaných komunálních energetických zdrojů - vysvětlí klasickou technologii výroby dřevoplynu	**6. Energetické využití biomasy** - výroba tepla - výroba elektřiny - nové vývojové trendy - znovuobjevený dřevní plyn
- vysvětlí princip tvorby bioplynu - vyjmenuje zdroje biomasy vhodné pro výrobu bioplynu (zemědělství, potravinářství, komunální odpad) - popíše technická zařízení používaná k výrobě bioplynu - vysvětlí možnosti využití digestátů (kapalný podíl) z bioplynových stanic - vyjmenuje způsoby a možnosti využití bioplynu - uvede vliv zušlechťování bioplynu na kvalitu zemního plynu z bioplynových stanic	**7. Biotechnologické využití biomasy** - bioplyn - pyrolýzní plyn

- nízkoteplotní depolymerizace (základ pro výrobu kapalných motorových paliv II. generace) - vysvětlí princip výroby a využití pyrolýzního plynu	
- popíše technologii kompostování, uvede způsoby využití kompostu - charakterizuje zpracování a využití biologicky rozložitelného komunálního odpadu - charakterizuje zpracování a využití čistírenských kalů	**8. Využití bioodpadů** - kompostování - biologicky rozložitelný komunální odpad - čistírenské kaly
- vysvětlí principy chemických procesů (fermentační procesy, esterifikace, depolymerizace, pyrolýza, krakování) - uvede suroviny, popíše způsob výroby bionafty - uvede suroviny, popíše způsob výroby bioetanolu - uvede další kapalná biopaliva (např. butanol)	**9. Využití dalších chemických procesů pro zpracování biomasy** - bionafta - bioetanol
- analyzuje potřeby pěstování a využívání biomasy na regionální i celostátní úrovni ve vztahu k ekonomickým a sociálním aspektům - prakticky hodnotí možnosti získávání a využívání biomasy v okolní krajině - komunikuje se zemědělci, vlastníky pozemků, občany a s místní samosprávou, zajišťuje osvětu - vyjmenuje předpisy a možnosti podpory ze strany státu vztahující se k pěstování a využívání biomasy - využívá a řídí se právními předpisy - zná a dodržuje předpisy a zásady BOZP	**10. Podpora a osvěta pro využívání biomasy** - propagace - právní předpisy - předpisy BOZP

SOLÁRNÍ ENERGIE

Výsledky vzdělávání	Učivo
Žák: - kategorizuje energetické zdroje, objasní význam a perspektivy využívání obnovitelných zdrojů energie - vyjmenuje a stručně charakterizuje všechny druhy obnovitelných a nevyčerpatelných zdrojů energie: slunce, voda, vítr, zdroje živé přírody - biomasa, energie akumulovaná v prostředí, hlubinné geotermální zdroje apod. - vysvětlí obecné výhody a nevýhody využívání obnovitelných zdrojů energie pro udržitelný rozvoj - zdůvodní význam energetických úspor ve vztahu k udržitelnému rozvoji, tj. k ochraně prostředí i k hospodářskému a sociálnímu rozvoji a objasní význam hledání nových energetických zdrojů	**1. Význam a přehled využití obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů** - rozdíl mezi neobnovitelnými, nevyčerpatelnými a obnovitelnými přírodními zdroji - přehled obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů - vztah energetiky k řešení současných globálních a regionálních problémů
- vysvětlí význam, možnosti a obecné podmínky pro využití slunce jako zdroje energie a její podíl ze všech energetických zdrojů zejména u nás, ale i ve světě - stručně popíše i historický vývoj využití solární energie - uvede možnosti pasivního využívání solární energie včetně praktických příkladů	**2. Význam a využití sluneční energie** - solární architektura
- čte a používá technickou a schvalovací dokumentaci obsaženou hlavně v normách - používá základní pojmy a vztahy v elektrotechnice - měří elektrické a neelektrické veličiny a vyhotovuje záznamy - volí správné pracovní postupy a technické prostředky při instalaci - montuje a zapojuje systémy - diagnostikuje poruchy - udržuje a opravuje systémy - popíše princip akumulace energie v solárních kolektorech a systémech	**3. Solární kolektory a solární systémy** - technická dokumentace - druhy kolektorů - montáž systémů - opravy, údržba a diagnostikování - způsoby akumulace energie
- čte a používá technickou a schvalovací	**4. Fotovoltaické systémy**

dokumentaci obsaženou hlavně v normách - používá základní pojmy a vztahy v elektrotechnice - měří elektrické a neelektrické veličiny a vyhotovuje záznamy - volí správné pracovní postupy a technické prostředky při instalaci - montuje a zapojuje systémy - diagnostikuje poruchy - udržuje a opravuje systémy - popíše princip akumulace energie ve fotovoltaických systémech	- technická dokumentace - druhy panelů - montáž systémů - opravy, údržba a diagnostikování - způsoby akumulace energie
- využívá informace o solární energii k její propagaci v jednání s veřejnou správou a veřejností - řídí se právními předpisy - zná a dodržuje předpisy a zásady BOZP	**5. Podpora a osvěta pro různé způsoby využívání solární energie** - propagace - právní předpisy - předpisy BOZP

TEPELNÁ ČERPADLA

Výsledky vzdělávání	Učivo
- kategorizuje energetické zdroje, objasní význam a perspektivy využívání obnovitelných zdrojů energie - vyjmenuje a stručně charakterizuje všechny druhy obnovitelných a nevyčerpatelných zdrojů energie: slunce, voda, vítr, zdroje živé přírody - biomasa, energie akumulovaná v prostředí, hlubinné geotermální zdroje apod. - vysvětlí obecné výhody a nevýhody využívání obnovitelných zdrojů energie pro udržitelný rozvoj - zdůvodní význam energetických úspor ve vztahu k udržitelnému rozvoji, tj. k ochraně prostředí i k hospodářskému a sociálnímu rozvoji a objasní význam hledání nových energetických zdrojů	**1. Význam a přehled využití obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů** - rozdíl mezi neobnovitelnými, nevyčerpatelnými a obnovitelnými přírodními zdroji - přehled obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů - vztah energetiky k řešení současných globálních a regionálních problémů
- vysvětlí akumulaci energie v prostředí z dostupných zdrojů - uvede příklady a možnosti využívání energie akumulované v prostředí (v domácnostech, průmyslu, zemědělství, dopravě)	**2. Význam a využití energie akumulované v prostředí** - princip akumulace energie
- čte a používá technickou a schvalovací dokumentaci a normy - používá základní pojmy a vztahy v elektrotechnice - měří elektrické a neelektrické veličiny a vyhotovuje záznamy - volí správné pracovní postupy a technické prostředky při instalaci - montuje a zapojuje systémy - obsluhuje a udržuje v chodu tepelná čerpadla - diagnostikuje poruchy - opravuje systémy	**3. Tepelná čerpadla** - technická dokumentace - systémy tepelných čerpadel - montáž systémů - diagnostikování, opravy a údržba
- využívá informace o tepelných čerpadlech k jejich propagaci v jednání s veřejnou správou a veřejností - řídí se právními předpisy - zná a dodržuje předpisy a zásady BOZP	**4. Podpora a osvěta pro využívání tepelných čerpadel** - propagace - právní předpisy - předpisy BOZP

ÚSPORA ENERGIE VE STAVEBNICTVÍ

Výsledky vzdělávání	Učivo
Žák: - kategorizuje energetické zdroje, objasní význam a perspektivy využívání obnovitelných zdrojů energie - vyjmenuje a stručně charakterizuje všechny druhy obnovitelných a nevyčerpatelných zdrojů energie: slunce, voda, vítr, zdroje živé přírody - biomasa, energie akumulovaná v prostředí, hlubinné geotermální zdroje apod. - vysvětlí obecné výhody a nevýhody využívání obnovitelných zdrojů energie pro udržitelný rozvoj - zdůvodní význam energetických úspor ve vztahu k udržitelnému rozvoji, tj. k ochraně prostředí i k hospodářskému a sociálnímu rozvoji a objasní význam hledání nových energetických zdrojů	**1. Význam a přehled využití obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů** - rozdíl mezi neobnovitelnými, nevyčerpatelnými a obnovitelnými přírodními zdroji - přehled obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů - vztah energetiky k řešení současných globálních a regionálních problémů
- orientuje se v tepelně izolačních stavebních materiálech a porovná jejich vlastnosti - zvolí vhodný typ materiálu pro jednotlivé konstrukce - sleduje a hodnotí z různých hledisek nové možnosti využívání energeticky vhodných stavebních materiálů	**2. Materiály** - přehled a vlastnosti tepelně izolačních materiálů - volba materiálu
- vysvětlí význam snižování energie z ekonomických a ekologických hledisek - uvede příklady snižování energetické náročnosti domácností, finančně je zhodnotí - uvede základní principy pasivního využívání solární energie pro energetické úspory včetně konkrétních příkladů - uvede příklady snižování energetické náročnosti v průmyslových a zemědělských provozech ze stavebního hlediska	**3. Snižování energetické náročnosti průmyslových provozů a domácností** - význam - ekonomické a ekologické aspekty
- vysvětlí význam zateplování budov, zdůvodní ho z hledisek ekologických a ekonomických - charakterizuje zásady pro rekonstrukci budov z hledisek energetických úspor	**4. Úspora energie ve stavebnictví** - zateplování budov - rekonstrukce budov - nízkoenergetické domy

a objasní význam dodatečné izolace ve všech souvislostech (úspora, ochrana konstrukcí, apod.) - zvolí způsob zateplení podle účelu jednotlivých konstrukcí - vysvětlí a dodržuje technologické postupy při jednotlivých způsobech zateplení - vysvětlí principy a odlišnosti mezi způsobem výstavby nízkoenergetických a pasivních domů a úsporami při provozu objektů - provádí práce spojené s výstavbou nízkoenergetických a pasivních domů	- pasivní domy
- zhodnotí význam dřevěných staveb z hlediska energetického, ekonomického a sociálního i vzhledem k umístění v krajině k podmínkám prostředí	**5. Ekologicky šetrné stavby** - dřevostavby
- orientuje se v předpisech týkajících se energetických úspor souvisejících se stavebnictvím - vysvětlí roli stavebních úřadů - uvede účastníky investiční výstavby - zpracuje žádost na stavební úřad pro ohlášení stavby nebo stavební povolení	**6. Legislativa** - právní předpisy (Stavební zákon č.183/2006Sb., ve znění pozdějších předpisů) - přímí a nepřímí účastníci investiční výstavby
- využívá informace o energetických úsporách spojených se stavebnictvím k propagaci a k jednání s veřejnou správou a s veřejností - zná a dodržuje předpisy a zásady BOZP	**7. Podpora a osvěta pro energetické úspory spojené se stavebnictvím** - propagace - předpisy BOZP

VĚTRNÁ ENERGIE

Výsledky vzdělávání	Učivo
Žák: - kategorizuje energetické zdroje, objasní význam a perspektivy využívání obnovitelných zdrojů energie - vyjmenuje a stručně charakterizuje všechny druhy obnovitelných a nevyčerpatelných zdrojů energie: slunce, voda, vítr, zdroje živé přírody - biomasa, energie akumulovaná v prostředí, hlubinné geotermální zdroje apod. - vysvětlí obecné výhody a nevýhody využívání obnovitelných zdrojů energie pro udržitelný rozvoj - zdůvodní význam energetických úspor ve vztahu k udržitelnému rozvoji, tj. k ochraně prostředí i k hospodářskému a sociálnímu rozvoji a objasní význam hledání nových energetických zdrojů	**1. Význam a přehled využití obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů** - rozdíl mezi neobnovitelnými, nevyčerpatelnými a obnovitelnými přírodními zdroji - přehled obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů - vztah energetiky k řešení současných globálních a regionálních problémů
- vysvětlí význam, možnosti a obecné podmínky pro využití větrného zdroje energie a její podíl ze všech energetických zdrojů zejména u nás, ale i ve světě - stručně popíše i historický vývoj využití větrné energie	**2. Význam a využití větrné energie** - přehled a podmínky pro využití větrné energie
- vysvětlí princip různých typů VTE, jejich funkce a vlastnosti - charakterizuje podmínky vhodné pro stavbu VTE (přírodní, technické, ekonomické a environmentální) - charakterizuje provoz a podmínky provozu větrné elektrárny včetně jejího výkonu a výroby ve vztahu k provozním podmínkám a efektivitě - provádí montážní práce	**3. Větrné elektrárny (VTE)** - typy větrných elektráren - podmínky pro stavbu a provoz VTE
- využívá informace o větrné energii k její propagaci v jednání s veřejnou správou a veřejností - řídí se právními předpisy - zná a dodržuje předpisy a zásady BOZP	**4. Podpora a osvěta pro využívání větrné energie** - propagace - právní předpisy - předpisy BOZP

VODNÍ ENERGIE

Výsledky vzdělávání	Učivo
Žák: - kategorizuje energetické zdroje, objasní význam a perspektivy využívání obnovitelných zdrojů energie - vyjmenuje a stručně charakterizuje všechny druhy obnovitelných a nevyčerpatelných zdrojů energie: slunce, voda, vítr, zdroje živé přírody - biomasa, energie akumulovaná v prostředí, hlubinné geotermální zdroje apod. - vysvětlí obecné výhody a nevýhody využívání obnovitelných zdrojů energie pro udržitelný rozvoj - zdůvodní význam energetických úspor ve vztahu k udržitelnému rozvoji, tj. k ochraně prostředí i k hospodářskému a sociálnímu rozvoji a objasní význam hledání nových energetických zdrojů	**1. Význam a přehled využití obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů** - rozdíl mezi neobnovitelnými, nevyčerpatelnými a obnovitelnými přírodními zdroji - přehled obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů - vztah energetiky k řešení současných globálních a regionálních problémů
- vysvětlí význam, možnosti a obecné podmínky pro využití energie z vodních zdrojů a jejich podíl ze všech energetických zdrojů zejména u nás, ale i ve světě - stručně popíše i historický vývoj využití vodních zdrojů energie - hodnotí perspektivy využívání vodní energie i nové možnosti využívání (moře)	**2. Význam a využití vodních zdrojů energie** - přehled a podmínky pro využití energie z vodních zdrojů
- vysvětlí princip funkce a možnosti využití různých typů vodních turbín a vodních motorů	**3. Vodní turbíny a motory** - funkce a využití
- popíše přípravu stanoviště pro montáž - vysvětlí postup sestavování jednotlivých dílů - vysvětlí průběh a zásady montáže turbíny - orientuje se v technických podkladech - charakterizuje způsoby vyhledávání různých druhů závad - vysvětlí sestavení technologie oprav - objasní důvod provádění údržbářských, inspekčních a opravárenských prací na strojních součástech	**4. Montáž turbín** - příprava stanoviště - montáž turbín - závady a jejich vyhledávání - opravy a opravárenské práce - údržba - evidence dat

- charakterizuje způsob ošetřování a údržbu příslušného vybavení a strojů - eviduje technická data o průběhu a výsledcích práce	
- vysvětlí princip funkce vodních elektráren - charakterizuje přírodní podmínky vhodné pro stavbu vodní elektrárny - uvede optimální parametry/ukazatele (včetně ekonomických, ekologických, hygienických, bezpečnostních atd.) vhodné pro stavbu vodní elektrárny - charakterizuje provoz a podmínky provozu vodní elektrárny včetně jejího výkonu a výroby ve vztahu k provozním podmínkám a efektivitě vodní elektrárny - vypočítá dle zadání výkon a výrobu vodní elektrárny - provádí montážní práce - charakterizuje vztah vodních elektráren k ochraně organismů - popíše význam MVE z ekologického hlediska zejména ve vztahu k ochraně organismů	**5. Vodní elektrárny** - vodní elektrárny s výkonem nad 10 MWh - voní elektrárny s výkonem do 10 MWh (MVE)
- využívá informace o vodní energii k její propagaci v jednání s veřejnou správou a veřejností - řídí se právními předpisy - zná a dodržuje předpisy a zásady BOZP	**6. Podpora a osvěta pro využívání vodní energie** - propagace - právní předpisy - předpisy BOZP

POZNÁMKY:

POZNÁMKY:

POZNÁMKY:

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky