

# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
ENERGY INSTITUTE

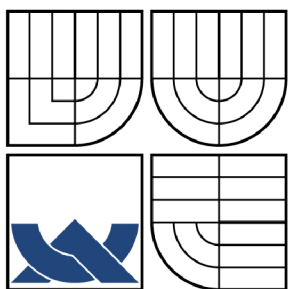
FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY PRO PANELOVÝ DŮM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

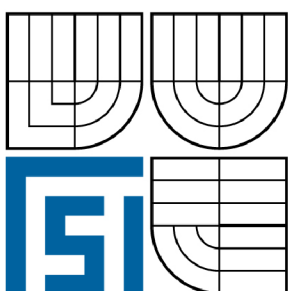
LUKÁŠ KRŠKA

BRNO 2009



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
ENERGY INSTITUTE

# FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY PRO PANELOVÝ DŮM

FOTOVOLTAICS SYSTEMS FOR BLOCK OF FLATS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

LUKÁŠ KRŠKA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ HEJČÍK

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2008/2009

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Lukáš Krška

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Fotovoltaické systémy pro panelový dům**

v anglickém jazyce:

### **Fotovoltaics systems for block of flats**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Celosvětovou snahu o snížení produkce škodlivin, lze podpořit instalováním fotovoltaických systémů při rekonstrukcích budov.

Cíle bakalářské práce:

Cílem práce je provést rešerši a porovnání fotovoltaických systémů, které lze použít pro rovné střechy panelových domů.

Seznam odborné literatury:

[www.soltarec.cz](http://www.soltarec.cz)

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jiří Hejčík

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/2009.

V Brně, dne 4.11.2008

L.S.

---

doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.  
Ředitel ústavu

---

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Cílem této práce je seznámení s fotovoltaickými systémy pro panelový dům a nalézt řešení, jak je aplikovat. Práce se zabývá historií fotovoltaiky, zaměřením na přírodní podmínky týkající se České republiky a stručným popisem jednotlivých komponentů, ze kterých se skládá fotovoltaický systém. Panelový dům je rozdělen do rovin, ve kterých je možné systém použít a dále je detailně popsán výrobek EVALON – Solar, který je pro použití na ploché střechy panelových domů nejvýhodnější.

## **ABSTRACT**

The aim of this work is identification with photovoltaic systems for a panel building and finding a solution how to apply it. The work deals with history of photovoltaics, focuses on natural conditions in the Czech Republic and a briefly describes particular components which photovoltaic system consists of. The panel building is divided into parts where is possible to use the system and further is in detail described the Evalon-Solar product which is optimal to use on flat roofs of panel buildings.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Panelový dům, fotovoltaický článek, vodorovný, svislý, systém, plochá střecha, zapojení a princip, sluneční záření, výkon, proud.

## **KEYWORDS**

Block of flats, barrier-layer photocell, horizontal, vertical, system, platform, connection and principle, solar radiation, delivery, current.

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

KRŠKA, L. *Fotovoltaické systémy pro panelový dům*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 30 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jiří Hejčík.

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Fotovoltaické systémy pro panelový dům vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

26. května 2009

.....  
Lukáš Krška

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji tímto Ing. Jiřímu Hejčíkovi za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.



## **Obsah :**

<b>1 Úvod</b>	<b>9</b>
1. 1 Historie	10
1. 2 Stručný generační vývoj	11
<b>2 Zapojení a princip fotovoltaického systému</b>	<b>12</b>
2. 1 Základní druhy článků	13
2. 2 Fotovoltaický panel	14
2. 3 Střídač napětí	15
2. 4 Regulátor nabíjení	16
2. 5 Akumulátor (baterie)	16
<b>3 Přírodní podmínky v ČR</b>	<b>17</b>
<b>4 Druhy systému pro panelové domy</b>	<b>18</b>
4. 1 Vodorovná rovina	19
4. 2 Svislá rovina	20
<b>5 EVALON-Solar</b>	<b>21</b>
5. 1 Integrovaný fotovoltaický systém pro ploché střechy	21
5. 2 Výkon modulu a schéma	24
5. 3 Výhody fotovoltaického systému	25
5. 4 Instalace fotovoltaického systému	26
<b>6 Závěr</b>	<b>28</b>
<b>7 Seznam použitých zdrojů</b>	<b>29</b>

# 1 Úvod

V podmínkách České republiky se využívají obnovitelné zdroje jako voda, vítr, slunce a biomasa. Vodní elektrárny jsou v současnosti dominantním zdrojem energie z obnovitelných zdrojů. U biomasy se jedná také o velmi účinný zdroj energie, který se dá uplatnit až ve 25% moderních tepelných elektrárnách. Naproti tomu nemá Česká republika pro využití energie větru tak dobré podmínky jako jiné evropské státy. Slunce je v podmínkách České republiky velmi perspektivním obnovitelným zdrojem energie, který tu nemá zatím takové postavení jako v jiných státech Evropské unie. [2]

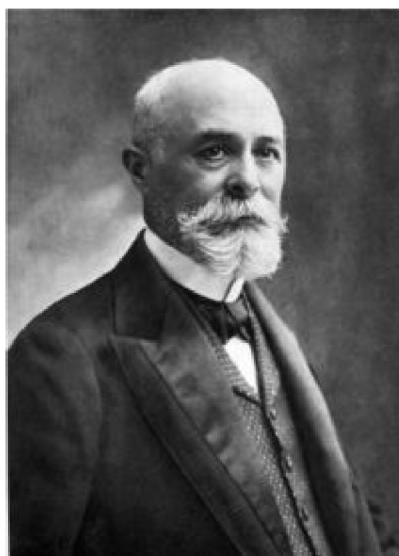
Slunce je hlavním energetickým zdrojem pro naši planetu, jeho přímá energie však paradoxně pro výrobu elektřiny zatím není příliš využíván a přitom existuje mnoho důvodů, proč vyvíjet úsilí na další rozvoj fotovoltaiky. Tento obor nabízí časově neomezenou možnost výroby elektrické energie. Technologie využívající sluneční záření má teoreticky neomezený růstový potenciál. Zároveň je fotovoltaika dlouhodobě udržitelným energetickým zdrojem bez výrazných vedlejších negativních dopadů na životní prostředí spojených s jejím provozem. Fotovoltaika by se proto měla stát významným prvkem trvale udržitelného energetického systému po celém světě. Fotovoltaika je přeměna sluneční energie v energii elektrickou, jde tedy o el. energii ze slunečního záření pomocí fotovoltaických článků. Fotovoltaika patří do obnovitelných energetických zdrojů a je od tradičních způsobů čistou a ekologickou formou výroby energie. Jde o velmi moderní technologii, její využití je v dnešní době obrovské a rok od roku vzrůstá. Velmi tomu také napomáhá podpora Evropské unie, která vidí v tomto způsobu velký potenciál. V době, kdy je kladen důraz na ekologické pojetí života jako takového, je tento způsob výroby energie ideální, a proto zažívá velký rozmach ve společnosti. Myslím tím poptávku, zakládání nových firem, výzkum a zdokonalování technologie.

Cílem této práce je využití ploch nacházejících se na panelových domech pro zavedení fotovoltaických systémů a výroby energie. Výroba energie ve městech může být velice problematická a to hlavně z důvodu nalezení vhodných míst pro instalaci fotovoltaických systémů, které mají svoje specifické vlastnosti (úhel, poloha, výška, bezpečnost). Tyto vlastnosti s kombinací nedostatku místa ve městech se skvěle hodí pro využití panelových domů jako pro přírodní elektrárny. V minulých letech, kdy zde ještě vládla tvrdá ruka totalitního režimu a kdy byl řešen nedostatek místa pro bydlení výstavbou výškových betonových domů (ve kterých drtivé procento občanů bydlelo, bydlí a dlouho bydlet bude), bylo těchto objektů vybudováno v celé České republice ve velkém množství. A to nejen v největších městech jako je Praha, Brno a Ostrava, ale také ve středních i menších. Dalším důvodem, proč umístit fotovoltaický systém na panelové domy je velká nevole památkářů jakýmkoliv způsobem měnit charakter, vzhled a funkci historických domů, ke kterým bych rozhodně panelové domy nepočítal. Jejich tvar a výška jsou naprosto ideálními vlastnostmi, pro pohlcování slunečního záření fotovoltaickými panely. Panelové domy byly navrhovány a stavěny před desítkami let, a proto neodpovídají dnešním tepelným normám a směrnicím. V těchto domech se neustále vyměňují nevyhovující materiály za moderní. Při těchto stavebních pracích by mohl být pořízen fotovoltaický systém. Dalo by se tak zabránit nárůstu nákladů v podobě opětovného stavění konstrukcí, najímání firem a pracovníků a ušetřil by se čas všem účastníkům stavebního řízení. Energetická zátěž panelových domů je ohromná, a to z důvodu velkého počtu bytů a spotřebičů. Nainstalováním fotovoltaického systému by

ušetřilo vlastníkům a nájemníkům nemalé částky na uhrazení energetických pohledávek. Nezužitkovaná energie by mohla být vykupována energetickými společnostmi. Cena fotovoltaického systému není zrovna malá, ale když zvážíme počet lidí podílejících se na uhrazení částky, k tomu výkup přebytečné energie a dotací, můžeme říci, že panelové domy jsou ideální pro použití této formy výroby energie.

## 1.1 Historie

Fotovoltaika je zcela výjimečným oborem a je z hlediska životního prostředí nejčistším a nejšetrnějším způsobem elektrické výroby. Slovo fotovoltaika se skládá ze dvou slov. Řeckého foto, které znamená světlo, a ze jména italského fyzika Alessandra Volty. Za objevem fotovoltaického jevu stál v roce 1839 Alexandr Edmond Becquerel (obr. 1).



obr. 1 Alexandre Edmond Becquerel

V roce 1877 byl objeven fotovoltaický efekt na selenu W. G. Adamsem a R. E. Dayem. Fyzikálně byl popsán v roce 1904 Albertem Einsteinem a v roce 1916 pak Robert Millikan experimentálně potvrdil platnost principu fotovoltaického jevu. Za vynálezce křemíkového solárního článku bývá označován Američan Russel Ohl v roce 1941. První skutečné fotovoltaické sluneční články byly vyrobeny z monokrystalů křemíku v Bellových laboratořích vědci D. M. Chapinem, C. S. Fullerem a G. L. Pearsonem v roce 1954. Větší rozvoj fotovoltaiky připadá šedesátým létům s nástupem kosmického výzkumu, kde jsou sluneční články využívány jako zdroj energie pro družice. Po celosvětové ropné krizi v roce 1973 byl nastartován výzkum a vývoj fotovoltaiky. V současné době se účinnost přeměny slunečního záření na elektřinu pohybuje v rozmezí mezi 10 a 15 %. To znamená, že je možné získat se současnými solárními systémy z jednoho metru aktivní plochy až 110 kWh elektrické energie za rok. Vyspělé země světa dnes poměrně intenzivně podporují rozvoj fotovoltaiky a dalších obnovitelných zdrojů energie. Jedná se totiž o strategický prostředek pro zajištění kontinuity energetických zdrojů. [3]

## 1.2 Stručný generační vývoj

### První generace

Fotovoltaické články skládající se z křemíkové desky patří v dnešní době k nejrozšířenější technologií na trhu a dosahují poměrně vysoké účinnosti přeměny. Jejich komerční využití se datuje začátkem sedmdesátých let. V dnešní době má stále dominantní postavení na trhu, přestože je výroba relativně drahá z hlediska materiálu krystalického křemík.

### Druhá generace

Impulsem pro rozvoj článků druhé generace byla především snaha o snížení výrobních nákladů úsporou drahého základního materiálu křemíku. Články druhé generace se vyznačují 100 až 1000krát tenčí aktivní (absorbující) polovodičovou vrstvou. S úsporou materiálu došlo v porovnání s články první generace k poklesu výrobních nákladů, ale dosažená účinnost je obvykle pod 10%. Jejich komerční využití začalo od roku 1980.

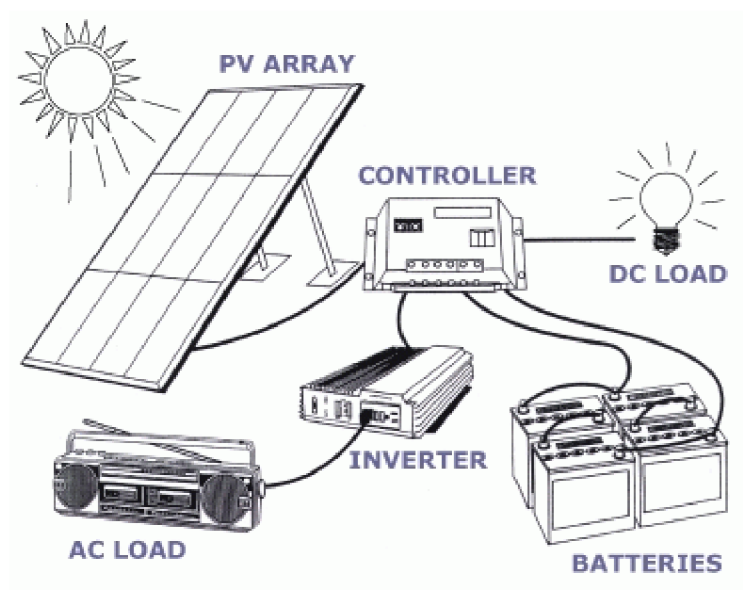
### Třetí generace

Její hlavní cíl a snaha o co největší počet a využití energie absorbovaných a dopadajících fotonů a následně generovaných párů elektronů. Zatím jediným komerčním příkladem dobře fungujících článků třetí generace, která navazuje na druhou generaci, jsou dvojrstvé a trojrstvé články, tedy vícevrstvé struktury, v které každá struktura pohlcuje určitou část spektra a maximalizuje se tak energetická využitelnost fotonů. [4]

Směry, kterým se výzkum věnuje

- vícevrstvé solární články
- články s vícenásobnými pásy
- články nosiče náboje pro generaci více párů elektronů a děr
- články využívající kvantových jevů
- prostorově strukturované články
- organické články

## 2 Zapojení a princip fotovoltaického systému (obr.2)



obr. 2 Zapojení fotovoltaického systému

**PV array** – fotovoltaický panel

**Controller** - regulátor

**DC (direct current) LOAD** - stejnosměrný proud – zařízení

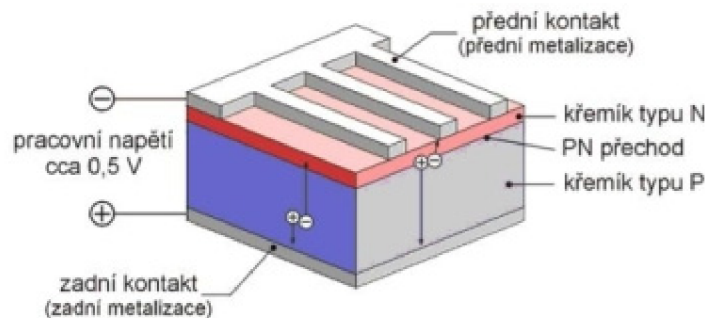
**Batteries** – baterie (akumulátor)

**Inverter** - střídač napětí

**AC (alterting current) load** - střídavý proud - zařízení

Na fotovoltaický panel dopadá sluneční světlo a vzniká elektrické napětí. Jelikož fotovoltaické články vyrábí napětí stejnosměrné, je potřeba pro běžné využití v domácnosti převést stejnosměrné napětí na střídavé. Zařízení, které to umožňuje, se nazývá střídač. Za střídačem lze již zapojit běžný spotřebič. Jestliže je místo zařízení na stejnosměrné napětí, můžeme střídač odebrat a brát proud přímo z regulátoru. Ke skladování elektřiny slouží baterie (akumulátor). Pokud chceme objekt zásobovat pouze z fotovoltaiky, musíme mít baterie, do kterých se přebytečný proud uskládá a ze kterých se spotřebovává v době bez slunečního záření [5]

## 2. 1 Základní druhy článků (obr.3)



obr.3 Řez fotovoltaickým článkem

### Běžně používané

#### - Amorfní

Základem je křemíková vrstva. Účinnost těchto článků se pohybuje v rozmezí 4 až 8%. Pro dosažení daného výkonu je potřeba 2,5x větší plochy, než kolik by bylo potřeba při použití monokrystalických nebo polykrystalických modulů. Tyto typy článků jsou nejlevnější a jsou využívány v místech, která nejsou omezena prostorem.

#### - Polykrystalické

Základem je opět jako u amorfních článků křemíková podložka. Články se skládají z většího počtu polykrystalů. Účinnost se pohybuje v rozmezí 10 až 14%. Jejich výroba je levnější a rychlejší než výroba monokrystalických článků.

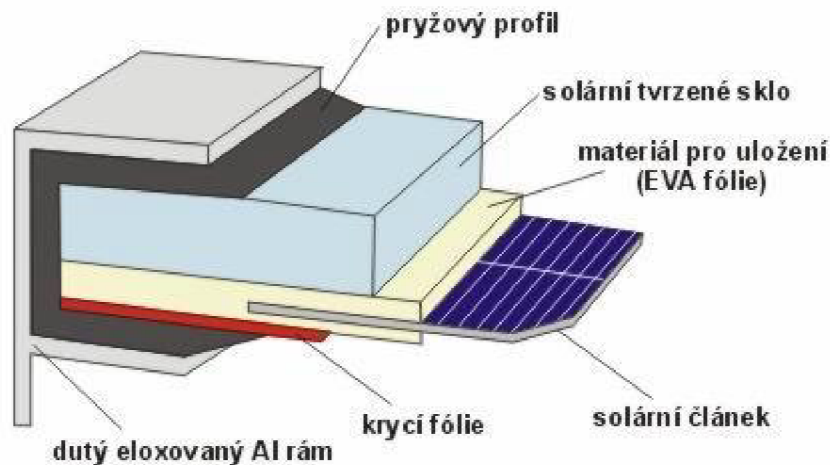
#### - Monokrystalické

Základem je podobně jako u polykrystalických článků křemíková podložka. Krystaly jsou větší než 10 cm a vyrábí se tažením roztaveného křemíku ve formě tyčí o průměru až 300 mm. Ty se poté rozřežou na tenké plátky. Účinnost těchto článků se pohybuje v rozmezí 13% až 17%. Solární panely s monokrystalickými články jsou v našich podmínkách používány nejvíce.[6]

### Méně používané

- CIS (CuInSe<sub>2</sub>)
- telurid kademnatý (CdTe)
- galiumarsenid (GaAs)
- více-přechodové struktury
- organické

## 2.2 Fotovoltaický panel



obr. 4 Řez fotovoltaickým panelem

Fotovoltaické panely (obr.4) se tvoří z článků. Jeden fotovoltaický článek má pracovní napětí pouze 0,5 V. Panel tvoří matice článků, které jsou spojeny letovanými spoji. Takový panel je navíc chráněn před vlivy počasí a mechanickým poškozením. Články chrání zespodu pevná deska. Jsou uloženy v průhledné fólii a na povrchu kryty tvrzeným sklem. Výrobek odolává i nestandardním klimatickým podmínkám jako je například krupobití. Panely jsou chlazeny okolním vzduchem. Do série se obvykle zapojuje 36 článků pro 12 V nebo 72 pro 24 V. Při sériovém zapojení teče všemi články stejný proud, a proto je výhodné rovnoměrné osvětlení všech článků. Životnost panelů z krystalického křemíku je udávána v rozmezí 20 až 30 let. Fotovoltaické panely jsou základním stavebním prvkem FV systémů. Nabídka firmy Solartec zahrnuje výkonnostní třídy od 13 do 200 Wp. Pro větší výkony se panely uspořádávají do fotovoltaických polí a lze je libovolně zapojovat jak sériově tak i paralelně. Na trhu je mnoho výrobců solárních panelů. Panely se liší rozměry, účinností a samozřejmě cenou. Nejlépe je využívat panely od jednoho výrobce. [7]

### Typy instalací

Rozlišujeme celkem 4 základní typy instalací panelů

#### - pevná (fixní)

Pevná instalace je nepohyblivé uchycení panelů na nosné konstrukci pod fixním úhlem. Roční produkce v našich podmínkách odpovídá 1000 pracovních hodin v plném výkonu při úhlu 35°.

#### - 1-osé polohování

Jedno-osá polohovací jednotka je sestava z panelů na nosné konstrukci instalované pod optimálním úhlem 35° se senzorem polohy slunce (východ, západ). Roční produkce je v našich podmínkách v průměru okolo 1250 pracovních hodin v plném výkonu. Většinou nelze instalovat ze statických důvodů na střechy.

### - 2-osé polohování

Dvou-osé polohování je natáčení panelů konstrukcí za sluncem tak, aby bylo dosaženo kolmého dopadu paprsku. To znamená, že slunce je sledováno v azimutu i výšce. Roční produkce je v našich podmínkách v průměru okolo 1370 pracovních hodin v plném výkonu. Většinou nelze instalovat ze statických důvodů na střechy.

### - super traxle

Super traxle je jedno-osá polohovací jednotka s násobičem (zrcadlem) světelného toku. Výrobce udává odhad roční produkce v našich podmínkách cca 1370 pracovních hodin v plném výkonu. Většinou nelze instalovat ze statických důvodů na střechy. [8]

## 2.3 Střídač napětí



obr.5 Střídač

Střídač (obr.5) je elektronické zařízení, které převádí stejnosměrné napětí na střídavé. Střídavé napětí, které získáme, se posléze může transformovat na požadovanou výstupní hodnotu pomocí transformátorů. Střídače dělíme podle konstrukčního provedení na **modulový** - umístěný u každého panelu, **centrální** - pro celé fotovoltaické pole, **řetězcový** - kombinace modulového a centrálního. U střídače napětí také záleží na výkonu, a účinnosti. Výkon udává maximální možný přenášený výkon v rozmezí 100 W až 5 kW. Účinnost střídačů, což je poměr výstupního výkonu ku vstupnímu, se dnes pohybuje okolo 90 až 98 %. [9]



## 2.4 Regulátor nabíjení



obr.6 Regulátor

Regulátor (obr.6) slouží k ochraně akumulátorů proti přebíjení proudem z fotovoltaických panelů a k řízení dobíjení. Regulátor je prostředník mezi panely a akumulátory ve fotovoltaickém systému a navrhuje se podle pracovního napětí systému, typu akumulátoru nebo celkového příkonu elektrospotřebičů. [10]

## 2.5 Akumulátor (baterie)



obr.7 Baterie

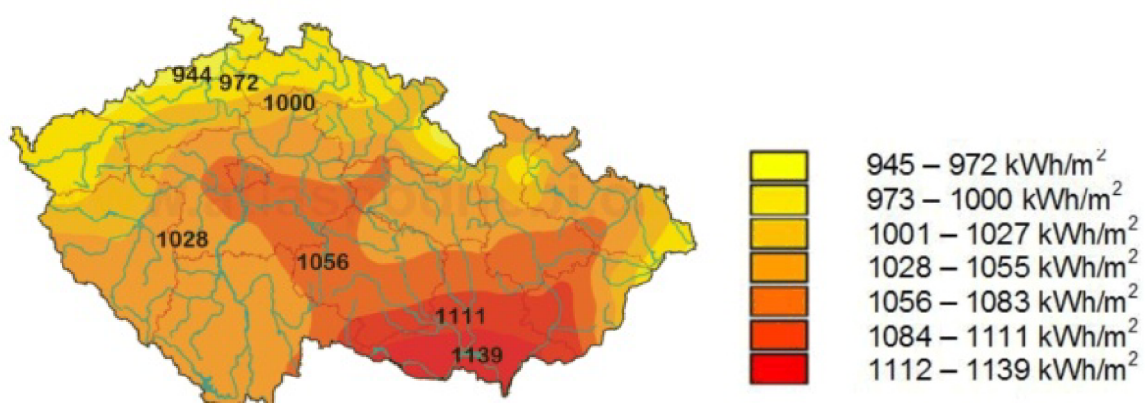
Elektřinu generovanou fotovoltaickými panely skladujeme pro její pozdější využití v noci nebo v méně příznivých slunečních podmínkách. Olověné akumulátory jsou v současnosti nejvhodnějším a osvědčeným řešením ve fotovoltaickém systému. Baterie (obr.7) mají vysokou odolnost proti hlubokému vybíjení a nízkou samovybíjecí schopnost. Mají dlouhou životnost a dobré ekologické vlastnosti s velmi malými nároky na údržbu. [11]

### 3 Přírodní podmínky v ČR

Fotovoltaické systémy se používají v České republice již několik let. I když doba slunečního svitu je u nás nižší než například v západních zemích Evropy, i tak fotovoltaické systémy fungují velmi dobře i za pomoci nižších okolních teplot, které jsou pro fotovoltaické panely výhodné. Fotovoltaický průmysl používá pro měření vývoje ceny základní jednotku, kterou je cena za Wp. Tato cena ve světě neustále klesá podle toho, jak prudce roste výroba fotovoltaických panelů. Výše ceny je v jednotlivých státech odlišná a to podle toho, jak je rozvinutý trh a konkurence. Cenu kompletního systému lépe vyjadřujeme v nákladech na instalovaný kilowatt. V České republice se v současnosti cena 1 kWp pohybuje v rozmezí 120 000 až 140 000 Kč. Rozdílné ceny jsou pro střešní a fasádní systém. Cena také záleží na velikosti systému. Čím větší systém, tím cena klesá a naopak. Výkon fotovoltaických zařízení se vyjadřuje v kWp.

Podmínky určujeme pomocí stránek výzkumného centra v Ispře a aplikace PVGIS pro odhad výroby elektřiny z fotovoltaických systémů (obr.8). Geografické umístění je nejideálnější v jižních regionech ČR s nejvyšší mírou slunečního záření. Výkonnost panelů stoupá s nadmořskou výškou, ale klesá se zvyšující se teplotou. Panely musí být orientovány na jih s ideálním odklonem 5-10° na západ a musí být nezastíněny. Správný sklon panelů je udáván mezi 30°- 40° od vodorovné roviny. Pro případ stavby na pozemku nebo na rovné střeše si poradíme pomocí montážních konstrukcí. [15]

Dostupnost v České republice ovlivňuje mnoho faktorů. Patří mezi ně především zeměpisná šířka, roční doba, oblačnost, místní podmínky a sklon ploch. Za normálních podmínek vyrobí 1 kWp okolo 800 – 1100 kWh elektrické energie a roční množství slunečních hodin se pohybuje mezi 1331 – 1844. [12]

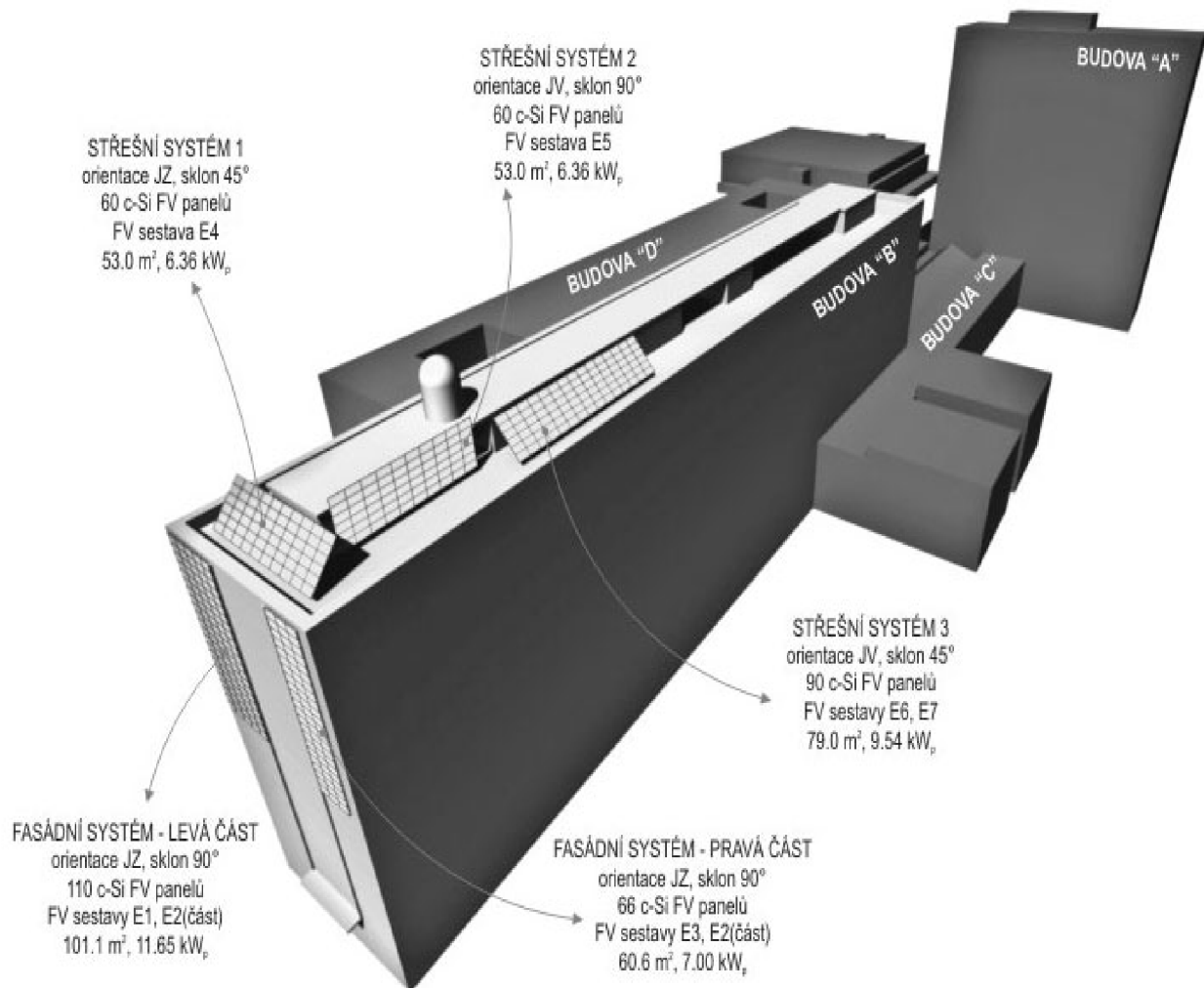


obr. 8 Sluneční záření v ČR – kWh/m<sup>2</sup> - dopad na vodorovnou plochu [15]

## 4 Druhy systémů pro panelové domy

Fotovoltaických systémů, které můžeme realizovat u panelových domů, není mnoho. V zásadě je lze rozdělit na dva druhy. Prvním způsobem je integrovaný fotovoltaický systém EVALON-Solar, který bude nejhodnější. Tento systém slouží k dokonalé ochraně objektů proti srážkové vodě a zároveň přeměňuje sluneční energii na elektrický proud. Skládá se ze dvou funkcí, které se nám výborně hodí pro ploché střechy s hydroizolační krytinou. Tento způsob bude detailně probrán v další kapitole bakalářské práce.

Druhý způsob je namontování FV panelů, například firmy Solartec. FV panely můžeme z konstrukčního hlediska položit ve vodorovné a svislé rovině. Tento způsob byl úspěšně aplikován na budově Fakulty stavební ČVUT v Praze. Fotovoltaický systém o výkonu 40 kWp realizovaný na budově "B" se skládá ze sedmi FV sestav E1 až E7. Sestavy E1 až E3 jsou umístěny na JZ fasádě objektu ve sklonu 90°, sestavy E4 až E7 jsou umístěny na ploché střechě objektu v různých úhlech a orientacích (obr. 9).



obr. 9 3D Model rozmístění FV sestav na budově "B" fakulty stavební

## 4.1 Vodorovná rovina

Na střeše budovy "B" fakulty stavební je použito celkem 210 FV panelů Solartec SI 72-106-24 (obr. 10). FV panely Solartec SI 72-106-24 jsou vyrobeny ze 72 monokrystalických křemíkových článků velikosti 102,5 x 102,5 mm. Solární články jsou zataveny v EVA fólii a z přední strany chráněny solárním sklem, ze zadní strany pak vícevrstvou tedlarovou fólií. Tento laminát je uzavřen do eloxovaného hliníkového rámu, který brání deformacím a je přizpůsoben ke kotvení na podpůrnou konstrukci.



obr. 10 FV panel Solartec SI 72-106-24

Ve vodorovné rovině, tedy v rovině ploché střechy, se nachází dvě polohy ukotvení FV panelů (obr. 11). Tyto panely jsou ukotveny na konstrukcích, které jsou připevněny do ploché střechy pod úhlem 45° a 90° tak, aby bylo sluneční záření zachyceno v největším možném množství. Konstrukce jsou sestaveny z ocelohliníkových rámu. Střešní systém panelů je rozdělen na 3 samostatné oddíly a to na dva systémy pod úhlem 45° a jeden systém pod úhlem 90°. Dohromady má tento systém FV panelů užitnou plochu 178 m<sup>2</sup> s výkonem 22,26 kW.



obr. 11 Dvě polohy FV panelů na ploché střeše

## 4.2 Svislá rovina

Touto rovinou jsou myšleny obvodové zdi panelového domu. V současné době probíhá výzkum větraných FV systémů, jehož součástí je experimentální instalace na JZ fasádě budovy "B" Fakulty stavební ČVUT v Praze (obr. 12). Jedná se o provedení FV fasády s mechanicky větranou vzduchovou dutinou mezi FV panely a obvodovou stěnou budovy. Takové provedení umožňuje účinně odvádět odpadní teplo z větrané dutiny, které vzniká při oslunění systému, který se skládá celkem ze 176 FV panelů. Jde opět o FV panely Solartec SI 72-106-24, které jsou vyrobeny ze 72 monokrystalických křemíkových článků velikosti 102,5 x 102,5 mm, které jsou použity na střeše budovy.



obr. 12 Budova Fakulty stavební ČVUT v Praze

Fasádní část systému je konstruována jako větraná FV fasáda a je rozdělena do dvou částí podél středního proskleného traktu schodiště. Nosný systém je tvořen ocelohliníkovou rámovou konstrukcí, která je kotvena do obvodové zdi budovy pomocí masivních žárově zinkovaných ocelových kotev. V rámci stavebních úprav byla obvodová stěna dodatečně zateplena a celková tloušťka tepelné izolace je 160 mm. Šířka větrané dutiny je 100mm. Dilatační spáry mezi panely byly utěsněny silikonovým tmelem. [13]

## 5 EVALON-Solar

### 5.1 Integrovaný fotovoltaický systém pro ploché střechy

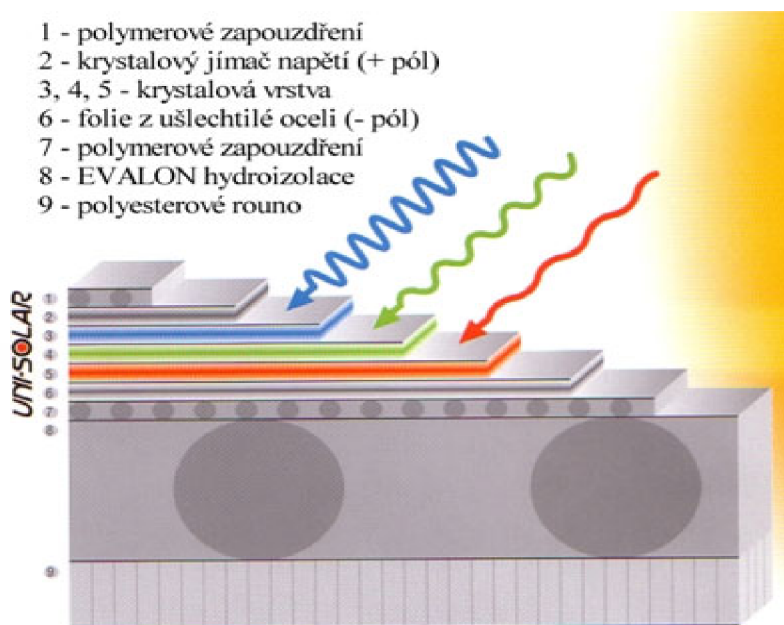


obr. 13 Ploché střechy s integrovaným fotovoltaickým systémem EVALON-Solar

V poslední době dochází k nárůstu cen energií a s jejich vzestupnou tendencí mají lidé stále větší zájem investovat do alternativních zdrojů, jako je solární fotovoltaický systém. Jedná se převážně o instalace rozsáhlých polí pevných fotovoltaických panelů na stojanech s monokrystalickými nebo polykrystalickými články, které se instalují na volně svahité pozemky nebo na ploché střechy, které pro instalaci fotovoltaických systémů ideálně splňují požadavky volných a nezastíněných ploch.

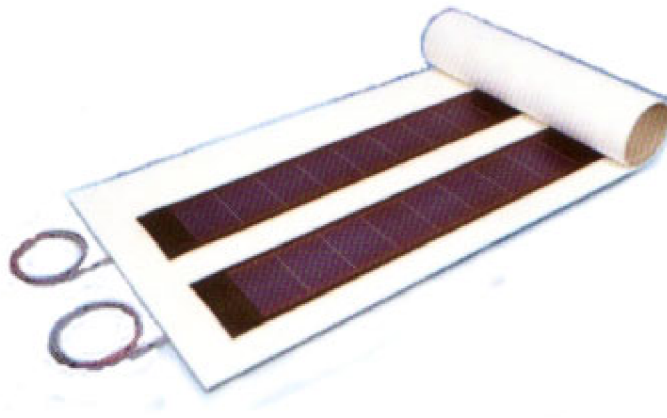
Integrovaný fotovoltaický systém EVALON-Solar (obr.13) je využíván na plochých střechách. Jde o německého výrobce hydroizolačních systémů pro ploché střechy, firmy Alwitra GmbH Trier. EVALON-Solar funguje za prvé jako výkonná fotovoltaická elektrárna a za druhé tvoří bezpečnou povlakovou hydroizolaci ploché střechy dle ČSN 73 1901. Instalace systému EVALON-Solar je skvělým řešením pro obrovské a málo využívané střešní plochy objektů s plochými střechami, jako například panelové domy, sportovní, výrobní a skladové haly. Budovy a hlavně jejich plochy jsou zabezpečeny proti přístupu nepovolaných osob. Odpadá tedy problém s ochranou instalovaných technologických zařízení před jejich poškozením. EVALON-Solar byl na trh uveden v roce 2000 a v současné době je již široce realizován ve většině zemí Evropy. Tento systém získal na mezinárodní výstavě BATIMAT 2005 v Paříži hlavní cenu „Zlatou pyramidu“ a na výstavě STŘECHY 2006 v Praze získal také hlavní cenu „Zlatou tašku“.

Fotovoltaický pás EVALON-Solar se skládá (obr. 14) z termoplastických hydroizolačních fóliových pásů na bázi etylen-vinyl-acetátu (EVA) EVALON V, na jejichž horním povrchu jsou integrovány flexibilní třívrstvé (Triple- Junction ) fotovoltaické amorfní články. Jádro těchto článků o rozměru 240 x 340 mm tvoří tři vrstvy amorfního křemíku naneseného na podkladní fólii z ušlechtilé oceli. Každá z vrstev absorbuje jinou vlnovou délku spektra slunečního záření a tyto články tak mohou oproti krystalickým systémům využívat vedle červené i modrou a zelenožlutou oblast spektra a zůstávají efektivně funkční i při zatažené obloze a difúzním světle.



obr. 14 Složení fotovoltaického pásu EVALON-Solar

Základní pás systému EVALON V-Solar 408 má šířku 1,55 m a délku 6,0 m a je na něm rozmístěno 66 fotovoltaických článků ve dvou řadách po 22 článkách v sériovém zapojení s bypass-diodami, které tvoří jeden modul (obr. 15). Fotovoltaické články jsou propojeny fotovoltaickými kabely do modulů na spodní straně pásů EVALON V-Solar, čímž je dokonale chráněn celý systém kabeláže před povětrnostními vlivy pod hydroizolací. Spodní minus pól článků tvoří základní fólie z oceli, na kterou jsou nanášeny křemíkové vrstvy a horní plus pól je tvořen mřížkou z vláken ušlechtilé oceli. Celý článek je zataven v průsvitném ochranném polymerním pouzdře, které je vysoce odolné proti mechanickému poškození a oděru, má samočistící schopnost a zabraňuje tvorbě usazenin na horním povrchu článku, které by jinak snižovaly účinnost celého zařízení.



obr. 15 Pás systému EVALON V-Solar



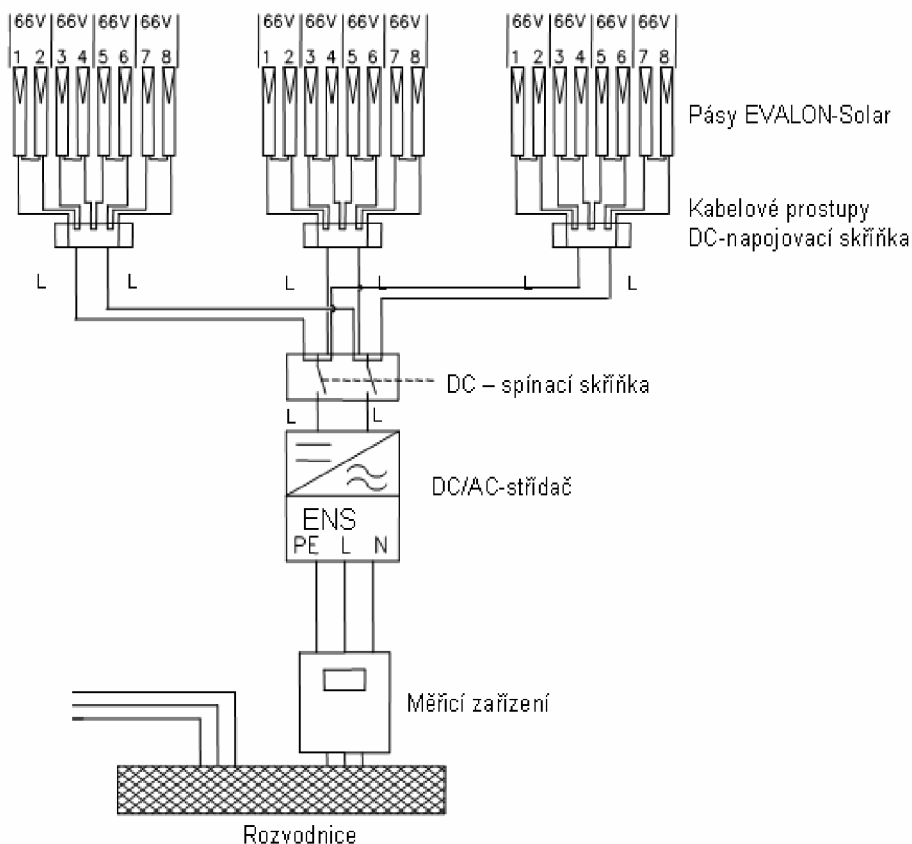
## 5.2 Výkon modulu a schéma

Výkon modulu je 408 Wp, napětí v MPP je 99 V. Pro instalaci jmenovitého výkonu 1 kWp je třeba 21,18 m<sup>2</sup> střešní plochy. Vedle základních pásů typu EVALON V-Solar 408 jsou vyráběny i kratší a užší pásy se jmenovitými výkony.

### Tabulka výkonů

EVON V-Solar	EVALON V solar 408	EVALON V solar 272	EVALON V solar 204	EVALON V solar 136
Šířka pásů	1,55 m	1,05 m	1,55 m	1,05 m
Délka pásů	6 m	6 m	3,36 m	3,36 m
Hmotnost kg/m <sup>2</sup>	4,3	4,33	4,03	4,17
PV-modul, jmenovitá šířka a délka (mm)	1185 x 5490	790 x 5490	1185 x 2850	790 x 2850
PV-modul, jmenovitý výkon	408 Wp	272 Wp	204 Wp	136 Wp
Napětí v MPP	99 V	66 V	49,5 V	33 V
Proud v MPP	4,13 A	4,13 A	4,13 A	4,13 A

### Schéma zapojení



### 5.3 Výhody fotovoltaického systému

- slouží k dokonalé ochraně objektů proti srážkové vodě a zároveň přeměňuje sluneční energii na elektrický proud
- je plně flexibilní, bez skel, pomocných ráků a držáků, je možno ho aplikovat na každý tvar střechy
- je plně odolný vůči povětrnostním podmínkám, solární moduly jsou na horním povrchu opatřeny samočisticí vrstvou z materiálu TEFZEL a ze spodní strany jsou chráněny flexibilní transparentní vrstvou, přičemž je spodní strana pevně spojena fólií EVALON V
- má extrémně nízkou hmotnost na  $1 \text{ m}^2$ , a je tedy použitelný i pro lehké střechy
- skládá se ze tří vrstev tzv. TRIPLE-cell, pro lepší využití slunečního spektra, kdy v oblasti modrozeleného světla je zajištěna vyšší účinnost a efektivita celkového výkonu solárního článku během roku
- používá k propojení jednotlivých buněk solárního modulu tzv. BYPASS-diod, které zamezují odpojení celého modulu při případné poruše nebo poškození některé z buněk, zároveň tento systém zajišťuje i výrobu proudu za šera
- množství vyrobeného proudu za nízkého jasu je větší než u krystalického solárního článku stejného výkonu
- je ve výkonu, intenzitě proudu a napětí významně méně závislý na teplotě než krystalický solární článek
- je o 20 % účinnější než krystalický solární článek
- je certifikovaný ESTI-Ispra dle IEC 61646/CEC 701
- má garantovanou životnost přes 20 let **[14]**

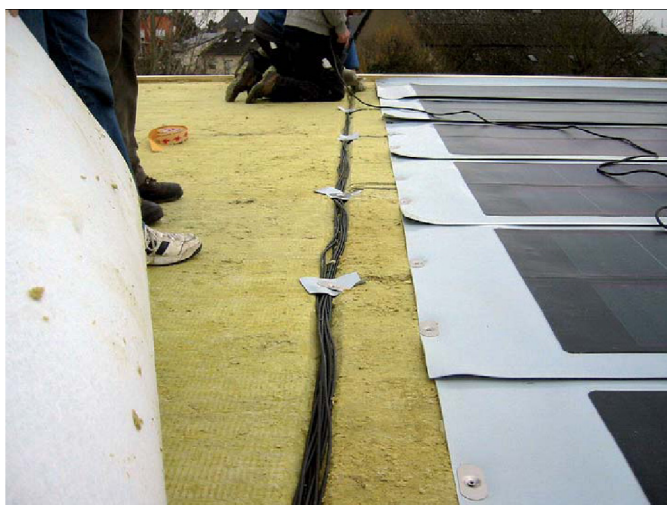
## 5.4 Instalace fotovoltaického systému

Před instalací běžného fotovoltaického systému na plochou střechu je nutno zvážit konstrukční možnosti jeho upevnění na ploše, zajištění proti účinkům větru, řešit mnohočetné prostupy prvků fotovoltaického systému a nosnost střešní konstrukce. Systém EVALON-Solar (obr. 16) nevyžaduje pro svoji instalaci žádné mimořádné konstrukční požadavky. Zatížení nosné konstrukce systémem EVALON-Solar je pouze  $0,04 \text{ kN/m}^2$ , proto zde odpadá zesilování nosné konstrukce. Prostupy prvků fotovoltaického systému do objektu jsou skryty pod hydroizolačním pláštěm.



obr. 16 Pokládání pásů EVALON V-Solar s integrovanými fotovoltaickými články

K podkladu se pásy kotví standardní mechanickou cestou pomocí kotevních prvků z nerezavějící oceli. Na spodní straně každého pásu EVALON-Solar jsou vyvedeny napojovací kabely standardní délky 5 m a průřezu  $2 \times 4 \text{ mm}^2$ , které jsou vedeny pod hydroizolační vrstvou v kanálcích vytvořených v tepelné izolaci. Dále jsou taženy kabelovým průchodem v nosné střešní konstrukci až do interiéru objektu (obr. 17).



obr. 17 Vedení napojovacích kabelů pod hydroizolací k prostupům do interiéru

Uvnitř objektu se nacházejí zapojovací skříně do kterých je možno napojit vždy maximálně 4 pásy s fotovoltaickými moduly. Kabely vedou do spínací skříně, která umožňuje manuální vypnutí příslušné větve fotovoltaického systému, a odtud pak vedou s vyprodukovaným stejnosměrným elektrickým proudem do DC/AC-střídačů (obr. 18). Za střídačem jsou svedeny kabely se střídavým proudem 230V, 50 Hz, který je dodáván přes rozvodnou desku a transformátor do sítě. [1]



obr. 18 Umístění DC/AC-střídačů v interiéru

## 6 Závěr

Z důvodu neustálého zdokonalování, vývoje a způsobů využití nových fotovoltaických zařízení je tato práce zaměřena na popsání základních pojmů týkajících se tématu do srozumitelné formy. Pokusil jsem se zde přehledně formulovat funkci fotovoltaického systému, rozdělení jednotlivých komponentů a jeho využití pro panelový dům. Práce by měla umožnit čtenáři pochopit funkci přenosu slunečního záření od FV panelu nebo systému EVALON – Solar, po uschování energie v akumulátorech (baterii) až k výstupu elektrického proudu do sítě. Největší důraz je ovšem kladen na způsob použití fotovoltaického systému na panelovém domě. Pro jeho obrovské plochy, na kterých lze systém aplikovat, je ideálním objektem. Tyto plochy byly rozděleny na svislé a vodorovné. Na vodorovné plochy, tedy plochy střešní konstrukce, můžeme využít jak FV panely, tak i integrovaný fotovoltaický systém EVALON – Solar, který svými vlastnostmi, pohlcováním slunečního záření a hydroizolačním krytím, je bezesporu skvělým řešením. Na svislé plochy, tedy obvodové zdi panelového domu, lze použít FV panely připevněné na nosných ocelových konstrukcích ukotvených do zdi tak, aby bylo možné vytvořit odvětrávaný prostor pro odpadní teplo. Tento způsob byl použit na Fakultě stavební ČVUT v Praze a v práci byl stručně popsán. Jako nejvhodnější způsob se ukázal integrovaný fotovoltaický systém pro ploché střechy EVALON – Solar. Popsán byl výkon modulu, schéma, instalace a jeho výhody, které získaly ceny a prestižní ocenění.

Využití panelového domu jako přírodní elektrárny je skvělý nápad, ve kterém by se mělo pokračovat a pracovat na jeho zdokonalení a efektivnějším využití. Fotovoltaika je velmi rozsáhlý obor a jeho využití jako přírodního energetického zdroje může být velkým přínosem pro životní prostředí. Seznámení se s touto problematikou mě velmi zaujalo, obohatilo a přispělo k pochopení možností přírodních energetických zdrojů. Vypracování práce mi dalo možnost nahlédnout do fotovoltaiky a způsobu jeho použití. Domnívám se, že práce poskytla celistvý přehled základních informací o fotovoltaickém systému.

## 7 Seznam použitých zdrojů

### Publikace

[1] EVALON - Solar : Integrovaný fotovoltaický systém pro ploché střechy . *Stavební a investorské noviny*. 1.1.2005, č. 1, s. 14-15.

### Web

[2] *Zelená Energie* [online]. 2009 [cit. 2009-03-10]. Dostupný z WWW:  
<<http://www.zelenaenergie.cz/cs/o-zelene-energii/obnovitelne-zdroje-energie.html>>.

[3] *Efektimenergy* [online]. 2008 [cit. 2009-03-11]. Dostupný z WWW:  
<<http://www.efektimenergy.cz/cs/fotovoltaika-a-solarni-energie/historie-solarni-energetiky>>.

[4] *Czrea* [online]. 2003 [cit. 2009-03-14]. Dostupný z WWW:  
<<http://www.czrea.org/cs/druhy-oze/fotovoltaika#hist>>.

[5] *Signalizace-rozvody* [online]. 2004 [cit. 2009-03-20]. Dostupný z WWW:  
<<http://signalizace-rozvody.lic.cz/Fotovoltaicke-systemy.wids?k=73>>.

[6] *Fotovoltaicke-solarni-elektrarny* [online]. 2008 [cit. 2009-03-25]. Dostupný z WWW:  
<<http://www.fotovoltaicke-solarni-elektrarny.cz/fotovoltaika>>.

[7] *Fotovoltaika.falconis* [online]. 2008 [cit. 2009-03-23]. Dostupný z WWW:  
<<http://fotovoltaika.falconis.cz/fotovoltaika/fotovoltaicky-panel.php>>.

[8] *Solarni-panely-elektrarny* [online]. 2009 [cit. 2009-04-10]. Dostupný z WWW:  
<<http://solarni-panely-elektrarny.cz/uvod/solarni-elektrarny.html>>.

[9] *Fotovoltaika.falconis* [online]. 2008 [cit. 2009-03-26]. Dostupný z WWW:  
<<http://fotovoltaika.falconis.cz/fotovoltaika/stridac.php>>.

[10] *Fotovoltaika.falconis* [online]. 2008 [cit. 2009-03-26]. Dostupný z WWW:  
<<http://fotovoltaika.falconis.cz/fotovoltaika/regulator.php>>.

[11] *Uspory-energie* [online]. 2008 [cit. 2009-03-29]. Dostupný z WWW:  
<<http://www.uspory-energie.cz/index.php?cont=detail&karta=271>>.

[12] *Czrea* [online]. 2003 [cit. 2009-03-31]. Dostupný z WWW:  
<<http://www.czrea.org/cs/druhy-oze/fotovoltaika#hist>>.

[13] *Fotovoltaika.fsv.cvut* [online]. 2005 [cit. 2009-04-03]. Dostupný z WWW:  
<<http://fotovoltaika.fsv.cvut.cz/main.php?modul=fvsystemy.projekt>>.

[14] *Solarnielektrarny* [online]. 2007 [cit. 2009-04-14]. Dostupný z WWW: <<http://www.solarnielektrarny.cz/solarni-elektrarny-1-29-0-Pruzne-fotovoltaicke-moduly-ano-ci-ne->>.

[15] *Re.jrc.ec.europa* [online]. 2001 [cit. 2009-03-09]. Dostupný z WWW: <[http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmmaps/eu\\_opt/pvgis\\_solar\\_optimum\\_CZ.png](http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmmaps/eu_opt/pvgis_solar_optimum_CZ.png)>.