



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Integrace FV systémů do budov

Kamil Staněk

Fakulta stavební ČVUT v Praze

Katedra konstrukcí pozemních staveb

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

kamil.stanek@fsv.cvut.cz



Tato prezentace je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.



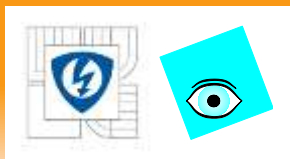
Stavebně integrovaná c-Si FV pole



15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



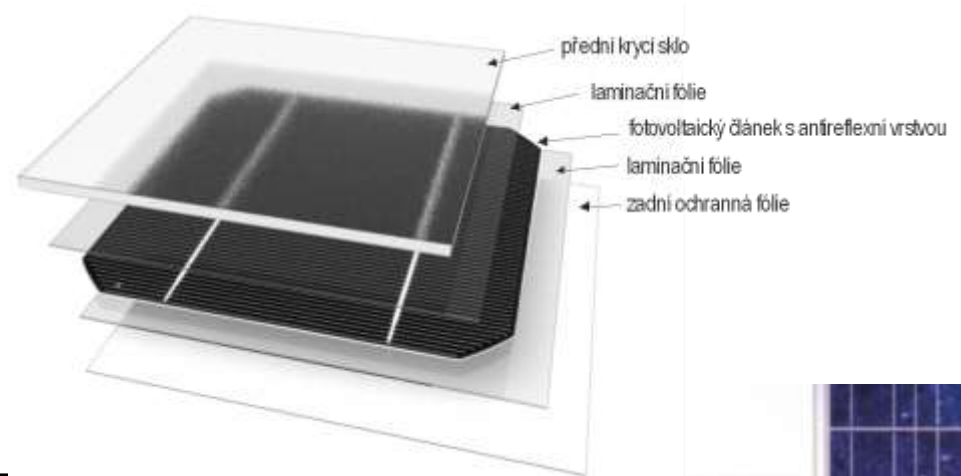


Technologie > krystalický křemík

c-Si: mono, poly, ribbon



4"	102 x 102	mm
5"	125 x 125	
6"	156 x 156	

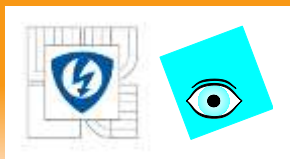


FV panely (řada výrobců):

Rozsah výkonu	170 až 330 W _p	140 W_p/m²
Účinnost	12 až 16 %	
Teplotní souč. pro výkon	-0,38 až -0,52 %/°C	
Váha (typ sklo-fólie)	11 až 13 kg/m²	
Certifikáty	IEC 61215, IEC 61730	
Překlenovací diody	3 až 4 ks	
Garance výkonu	po 25 letech min. 80 %	



15.4.2011

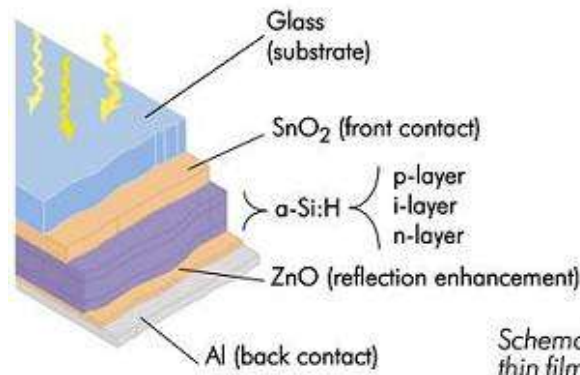


Technologie > amorfní a mikrokryсталický křemík

a-Si, $\mu\text{c-Si}$



Kaneka



Schematic cross-section of thin film a-Si:H photovoltaic cell



UNI-Solar

FV panely (Kaneka, Suntech, Schott, Sharp, UNI-Solar):

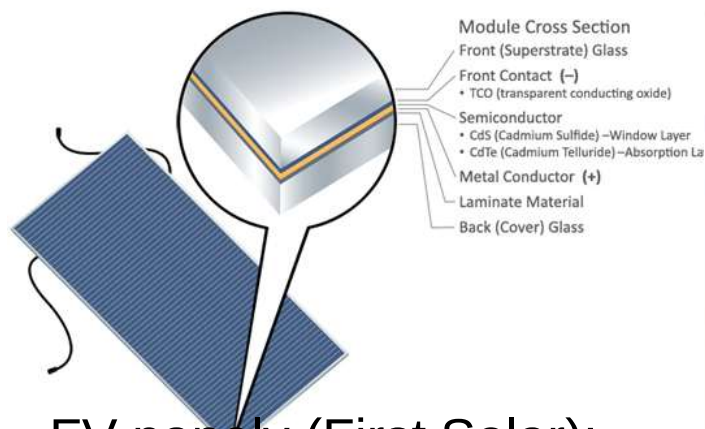
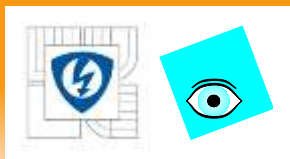
Rozsah výkonu	60 až 150 W _p	60 W_p/m²
Účinnost	5 až 8 % až 10 % (tandemy)	
Teplotní souč. pro výkon	-0,20 až -0,25 %/°C	
Váha (typ sklo-sklo)	17 až 24 kg/m²	
Certifikáty	IEC 61646, IEC 61730	
Překlenovací diody	0 (až 4)	
Garance výkonu	po 25 letech min. 80 %	



Schott

15.4.2011

Technologie > CdTe (telurid kadmia)



First Solar

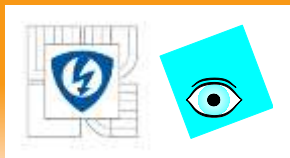


Q-cells

FV panely (First Solar):

Rozsah výkonu	70 až 80 W _p	100 W_p/m²
Účinnost	9 až 11 %	
Teplotní souč. pro výkon	-0,25 %/°C	
Váha (typ sklo-sklo)	17 kg/m²	
Certifikáty	IEC 61646, IEC 61730	
Překlenovací diody	standardně ne	
Garance výkonu	po 25 letech min. 80 %	

15.4.2011



Technologie > CIS, CIGS

Q-cells

Transparent front contact

Cu(In,Ga)Se_2 (1.5-2.5 μm)

Mo (0.3-0.4 μm)

Glass substrate

ZnO:Al (0.3-0.4 μm)
 ZnO (~0.1 μm)
 CdS (~0.05 μm)

Global Solar

Würth Solar

FV panely (Würth Solar, Q-cells):

Rozsah výkonu	70 až 140 W_p	100 W_p/m^2
Účinnost	8 až 12 %	
Teplotní souč. pro výkon	-0,36 až -0,50 %/°C	
Váha (typ sklo-sklo)	17 až 19 kg/m^2	
Certifikáty	IEC 61646, IEC 61730	
Překlenovací diody	standardně ne	
Garance výkonu	po 25 letech min. 80 %	

15.4.2011



Technologie > Sanyo HIT, Sunpower

Sanyo HIT:

Rozsah výkonu	215 až 240 W _p	170 W_p/m²
Účinnost	17,0 až 17,4 %	
Teplotní souč. pro výkon	-0,30 %/°C	

Sunpower:

Rozsah výkonu	210 až 315 W _p	180 W_p/m²
Účinnost	16,9 až 19,3 %	
Teplotní souč. pro výkon	-0,38 %/°C	

Váha (typ sklo-fólie)	12 kg/m²
Certifikáty	IEC 61215, IEC 61730
Překlenovací diody	3 ks
Garance výkonu	po 20 / 25 letech min. 80 %



Sanyo HIT



Sunpower

15.4.2011



Část 1

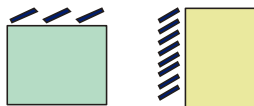
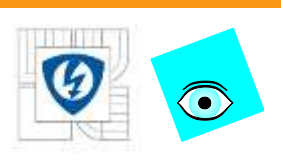
ARCHITEKTURA, STAVEBNÍ A KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



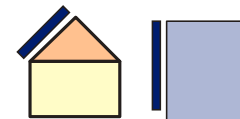
Umístění FV polí na budovu, BIPV



FV panely v otevřené poloze se nestávají přímou součástí obvodových konstrukcí budovy.



FV panely tvoří rozhraní vnějšího a vnitřní prostředí, semitransparentní FV.

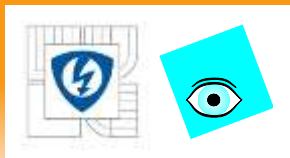


Těsné spojení FV panelů a obvodových konstrukcí, v krajním případě nahrazují FV panely tradiční střešní krytinu či fasádní obklad.

15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Základní rozdělení



1. Řešení existuje pro každou situaci.

2. Nosná konstrukce musí být spolehlivá i při extrémních podmínkách (sníh, vítr).



Část 1-1

ŠIKMÉ STŘECHY

15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Šikmá střecha > tašková krytina



Zdroj: Schletter GmbH.

- maloformátová skládaná střešní krytina (střešní tašky)
- systém krokve > kontralatě > latě
- **vhodný sklon a orientace střechy**
- FV panely rovnoběžně se střešní rovinou

FV panely nad střešní krytinou.

**Přetížení krovu cca 15 kg/m² vč. FV panelů.
Nutné staticky posoudit množství
střešních háků (vítr).**



systém



*střešní
háček*



*nosný
profil*



*přítlačná
tvarovka*

15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Šikmá střecha > tašková krytina

Zdroj: Schletter GmbH.

Kotvení mimo vrchol vlny tašek, rektifikace kotev a frézování tašek.



15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Šikmá střecha > asfaltová krytina

kanadský šindel

Zdroj: Silektro s.r.o.



Neporušenost hydroizolační vrstvy!

15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Šikmá střecha > velkoformátová vlnitá krytina (vláknocementová)

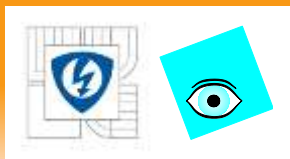
Zdroj: Schletter GmbH.



15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Šikmá střecha > asfaltová krytina, velkoformátová vlnitá krytina

Zdroj: Schletter GmbH.

Kombivruty s těsněním:

*jednoduchá
kotva*



*zdvojená
kotva*



systém



*EPDM
těsnění*



15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Šikmá střecha > trapézový plech

Zdroj: Schletter GmbH.



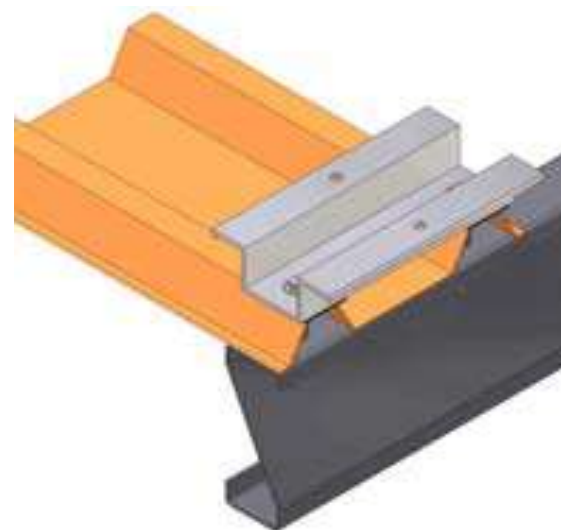
15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Šikmá střecha > trapézový plech

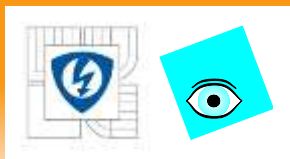
Zdroj: Schletter GmbH.



15.4.2011

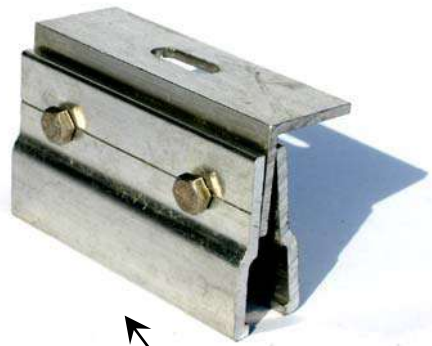
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Šikmá střecha > velkoformátová plechová krytina (se stojatou drážkou)

Zdroj: Schletter GmbH.



*kotvení v drážce
pomocí svorky*



*kotvení v ploše
s talířovým těsněním*

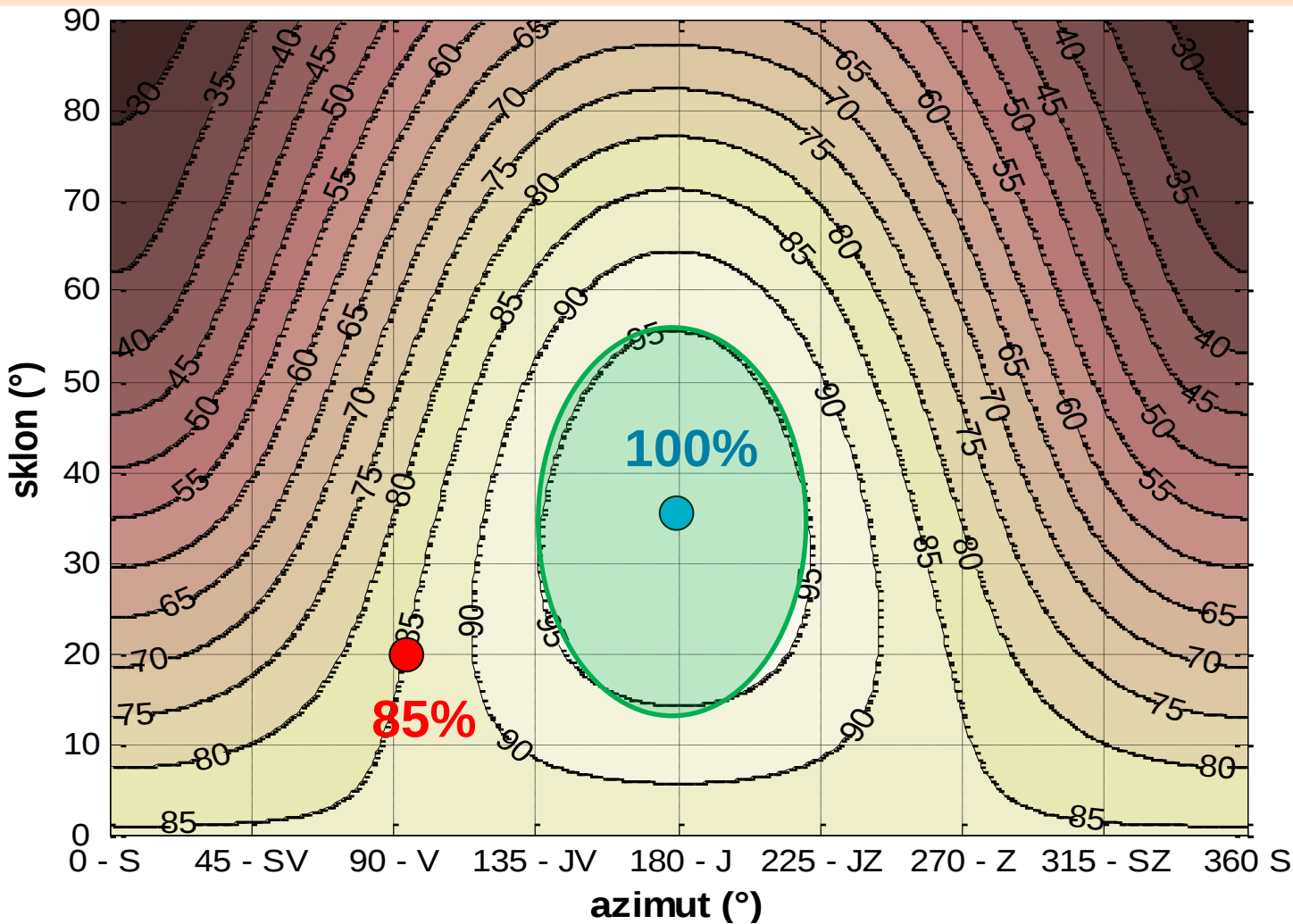


Přidržnost krytiny
ke střešní k-ci!

15.4.2011

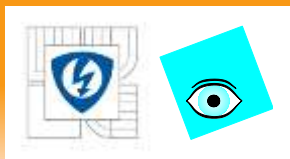
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Šikmá střecha > sklon a orientace?



15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Šikmá střecha > sklon a orientace?

Zdroj: Schletter GmbH.



15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Šikmá střecha > Rizika > Účinky větru

Zdroj: Schletter GmbH.



15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Šikmá střecha > Rizika > Účinky větru

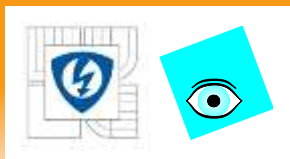
Vlastní tíha c-Si FV panelů vč. kce = cca 15 kg/m²
vs. sání větru
→ odpovídající kotvení!

Pro srovnání:

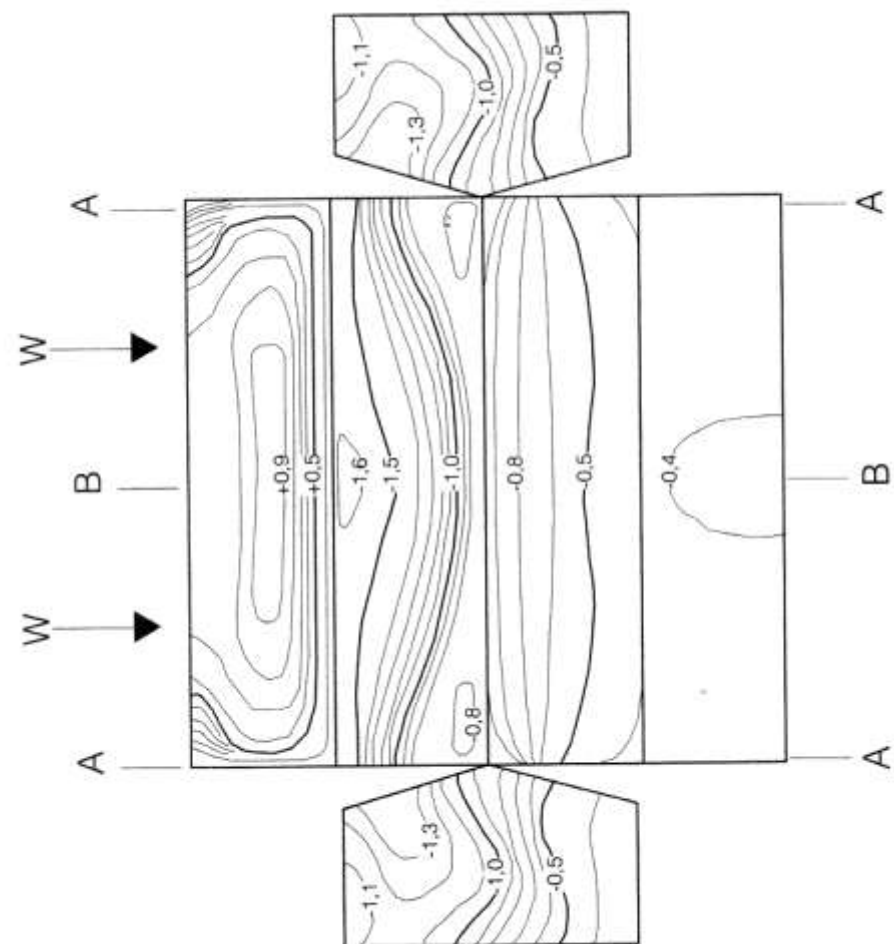
Betonová nebo keramická taška = 60 kg/m²

TiZn krytina s dvojitou stojatou dr. vč. bednění 24 mm = 35 kg/m²

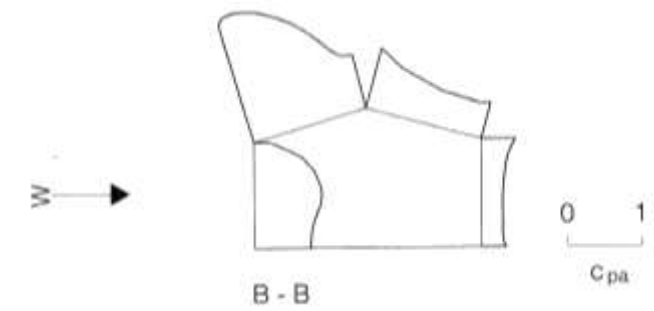
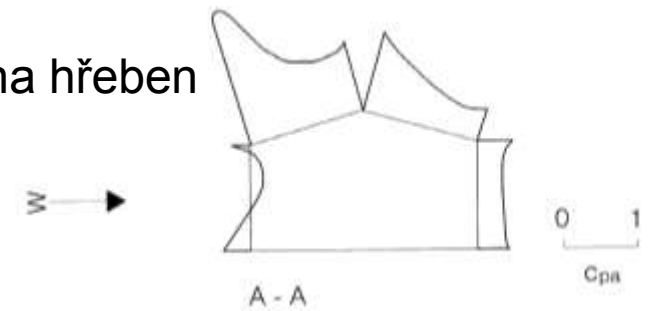
Vlnité cementovláknité desky = 20 kg/m²



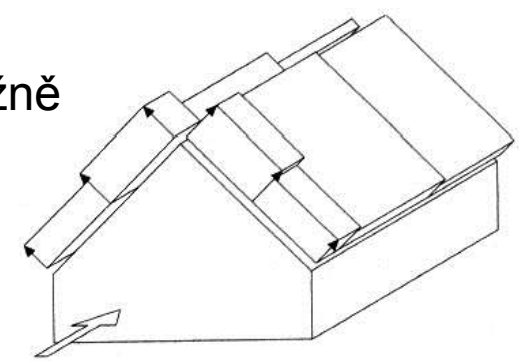
Šikmá střecha > Rizika > Účinky větru



vítr kolmo na hřeben

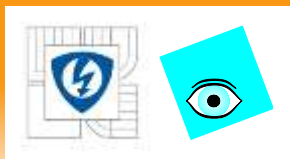


vítr rovnoběžně s hřebenem



Kritická místa u okapu a u štítové stěny.

15.4.2011



Šikmá střecha > Rizika > Účinky sněhu

Zdroj: Schletter GmbH.

Nahromadění sněhu a ledu!

Oddělení rámu, delaminace krajů,
popraskání článků.
Vznik mikrotrhlin při překročení
dovoleného zatížení (nadměrný
průhyb).



Standardní panely testovány
dle EN 61215/61646 na rovnoměrné
zatížení 2400 Pa (240 kg/m²).

Pro vyšší sněhové oblasti a při
předvídatelném nahromadění sněhu
a ledu volit panely testované na
5400 Pa (540 kg/m²).

15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Část 1-2

PLOCHÉ STŘECHY

15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Plochá střecha > FV na fóliové hydroizolaci (pro střechy s minimální rezervou únosnosti)

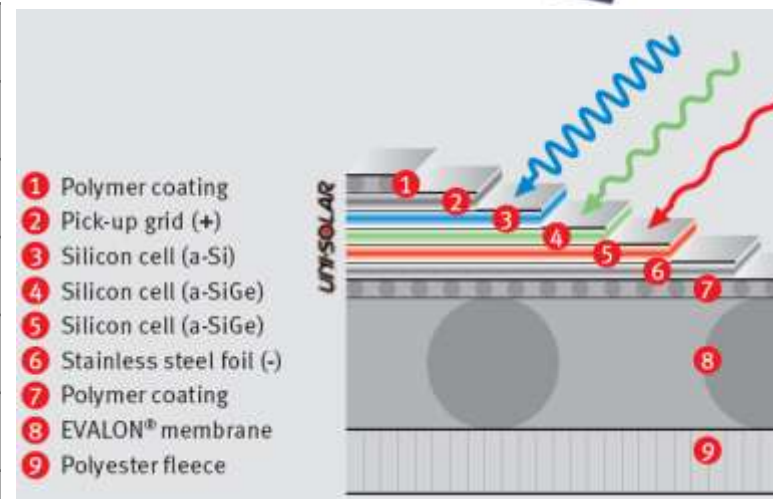


Solar Integrated



UNI-Solar

Rozsah výkonu	60 W_p/m²
Účinnost	6,2 %
Teplotní souč. pro výkon	-0,21 %/°C
Váha	4,3 až 4,9 kg/m²
Certifikáty	IEC 61646, IEC 61730
Překlenovací diody	na každém článku
Garance výkonu	po 25 letech min. 80 %

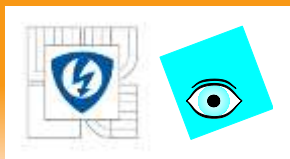


Alwitra: Evalon Solar

15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

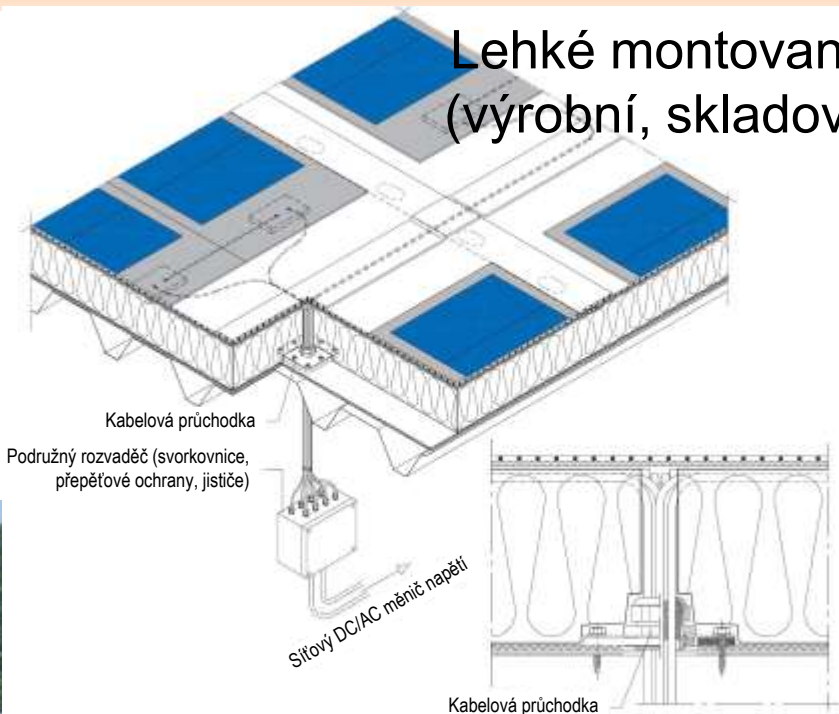




Plochá střecha > FV na fóliové hydroizolaci (pro střechy s minimální rezervou únosnosti)

Zdroj: Alwitra (Evalon Solar).

Lehké montované haly
(výrobní, skladové, ...).

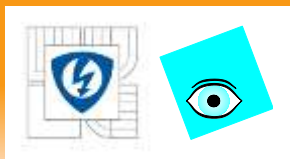


Výrobní hala, Kassel, Německo



Kindergarden Remerschen, Luxemburg - Alwitra

Mateřská škola, Remerschen, Lucembursko



Plochá střecha > Přímé kotvení

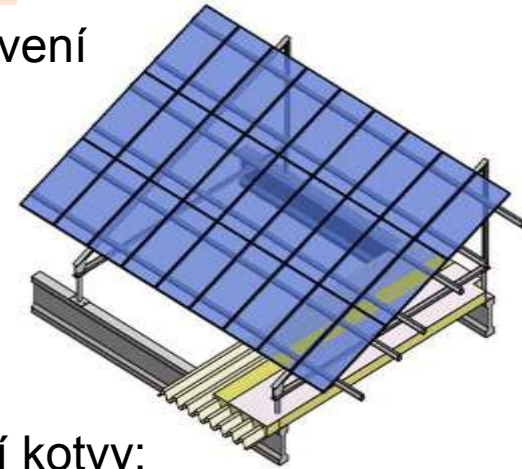
(pro střechy s malou rezervou únosnosti)

Zdroj: Schletter GmbH.

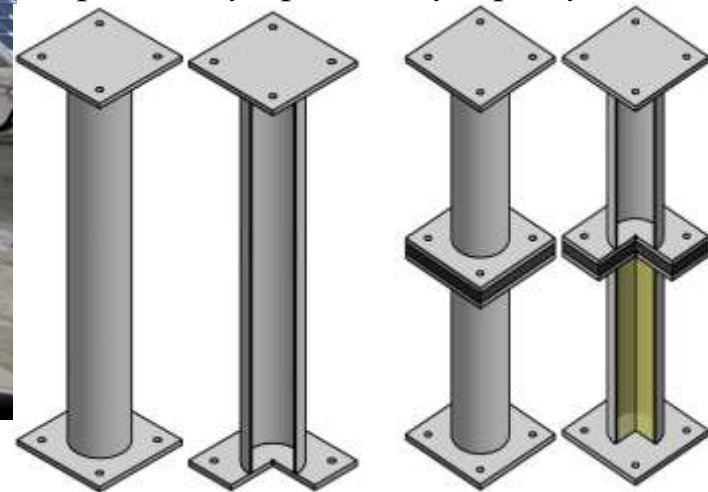
- **malá rezerva** únosnosti střešní konstrukce pro zátěžové kotvení
- jednoplášťová plochá střecha zateplená
- asfaltová / plastová fóliová hydroizolace
- nutnost respektovat polohu vazníků / vaznic

Nutné posoudit stav střešního pláště (náročná demontáž systému v případě nutnosti oprav střechy).
Invazivní technika = kvalita provedení.

Přetížení střešní konstrukce cca 10 kg/m^2
= k-ce vč. FV panelů.
Koncentrace zatížení do bodových kotev.
Statický posudek je nezbytný.



Masivní kotvy:
nepřerušný / přerušný tepelný most





Plochá střecha > Přímé kotvení

(pro střechy s malou rezervou únosnosti)



15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Plochá střecha > Zátěžové kotvení

(pro střechy s dostatečnou rezervou únosnosti)

Zdroj: Silektro s.r.o.

Příklad: ZŠ Kamínky, Nový Lískovec



1plášťová zateplená plochá střecha
s hydroizolačními asfaltovými pásy

množství drobných
střešních objektů

dostatečná rezerva únosnosti
nosné konstrukce budovy
(montovaný ŽB skelet s rezervou
 $4,85 \text{ kN/m}^2 = 485 \text{ kg/m}^2$)

15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Plochá střecha > Zátěžové kotvení

(pro střechy s dostatečnou rezervou únosnosti)

Zdroj: Silektro s.r.o.

Příklad: ZŠ Kamínky, Nový Lískovec

plochá střecha není vodorovná
výškové vyrovnání konstrukce

rovnoběžné řady po
výšce tvořené
jedním panelem

podkládání betonových prahů

zajištění odtoku srážkové
vody ke střešním vpustím

plošné přetížení $0,75 \text{ kN/m}^2 = 75 \text{ kg/m}^2$

15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





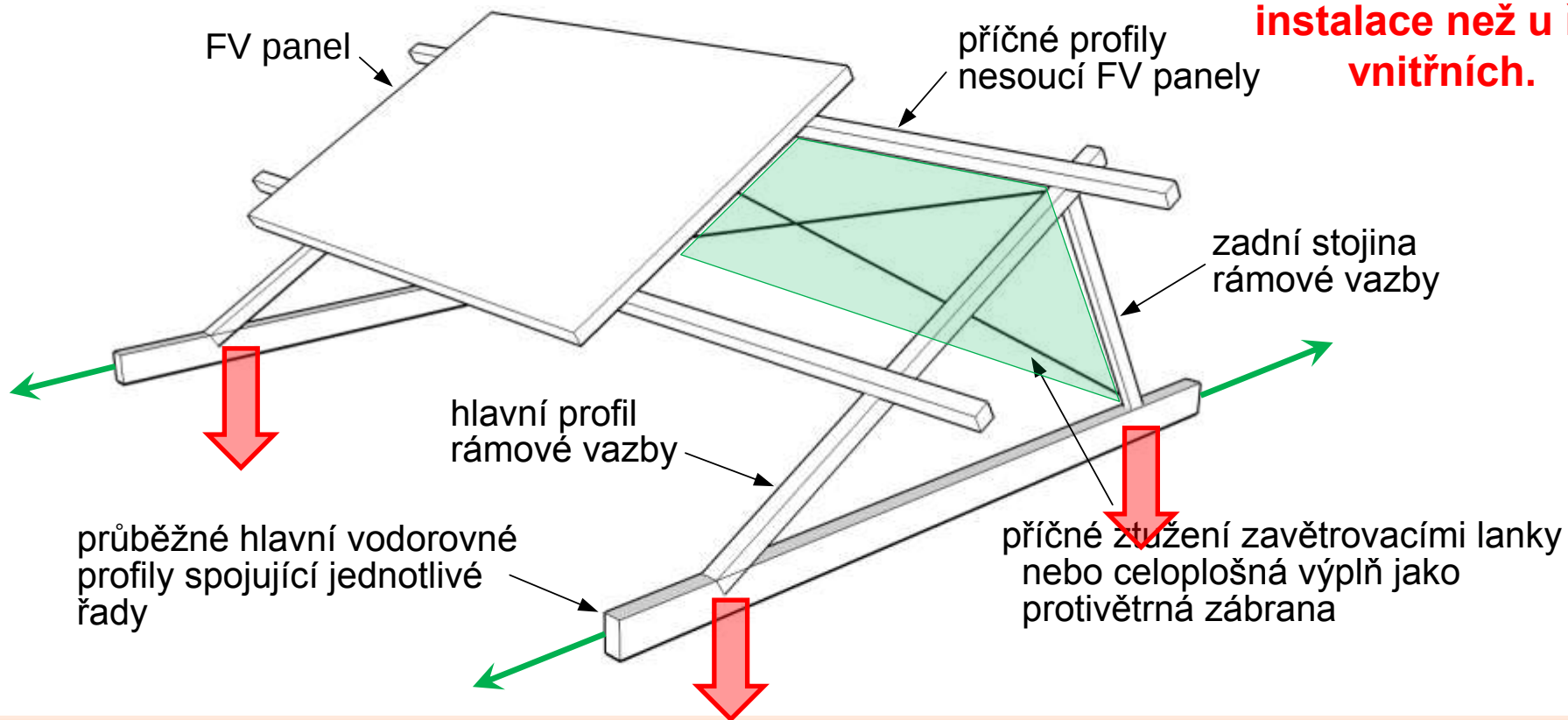
Plochá střecha > Zátěžové kotvení

(pro střechy s dostatečnou rezervou únosnosti)

Princip zátěžového kotvení = kompenzace účinků větru na FV panely a jejich podpůrnou konstrukci

klopení, posunutí, nadzdvihnutí

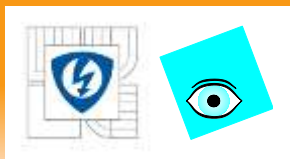
**Namáhání je vyšší
u řad na okraji
instalace než u řad
vnitřních.**



15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

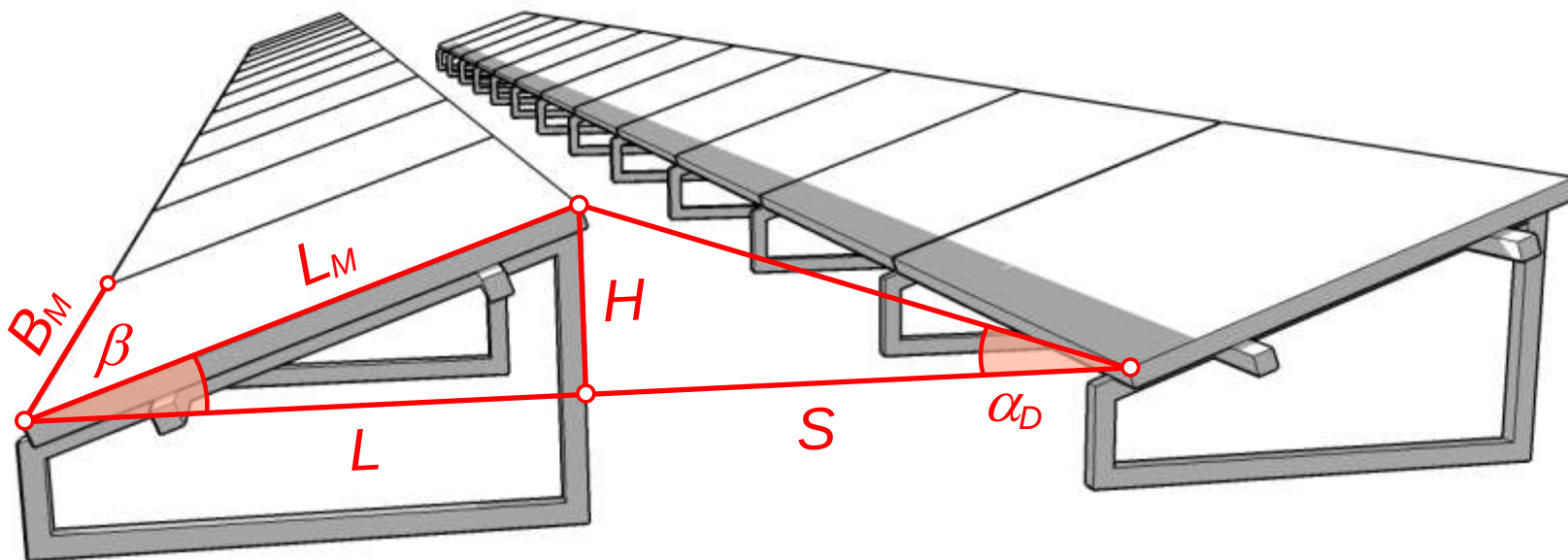




Plochá střecha > Zátěžové kotvení

(pro střechy s dostatečnou rezervou únosnosti)

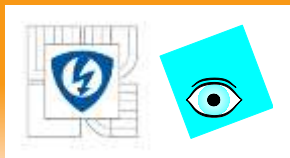
Geometrie FV instalace na ploché střeše



Charakteristický rozměr FV panelu ... L_M [m]

Sklon FV panelu ... β [°]

Návrhový úhel... α_D [°]

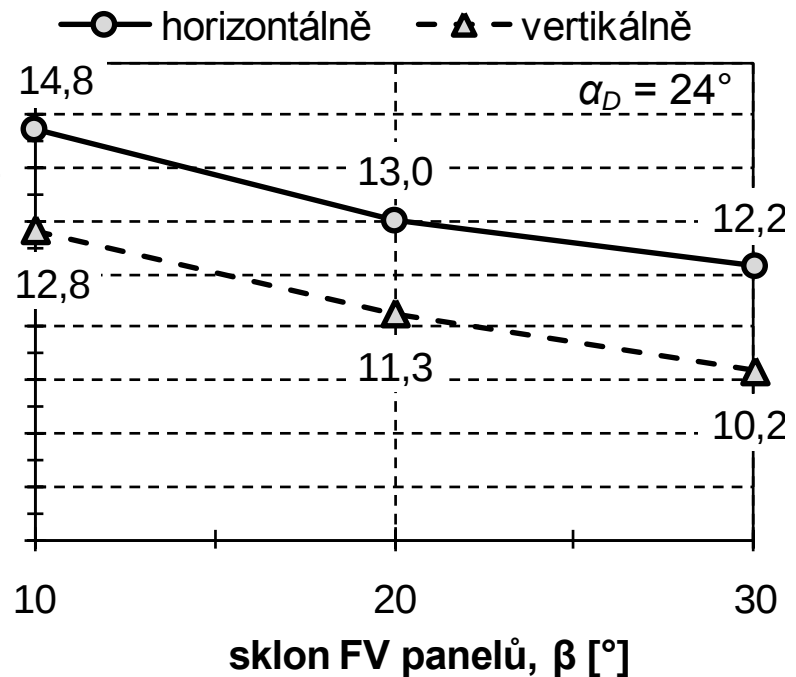
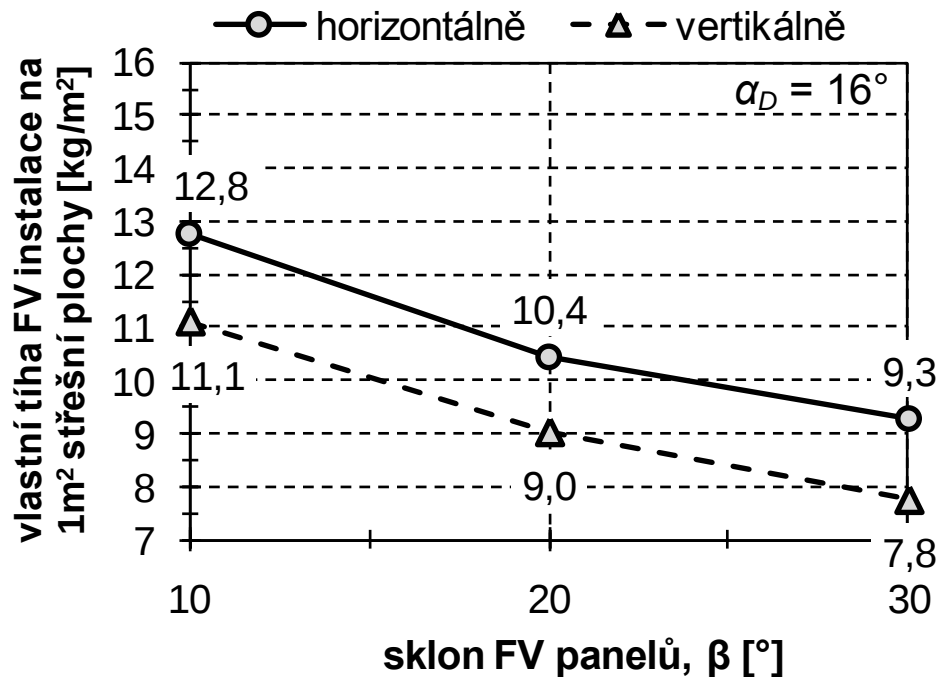
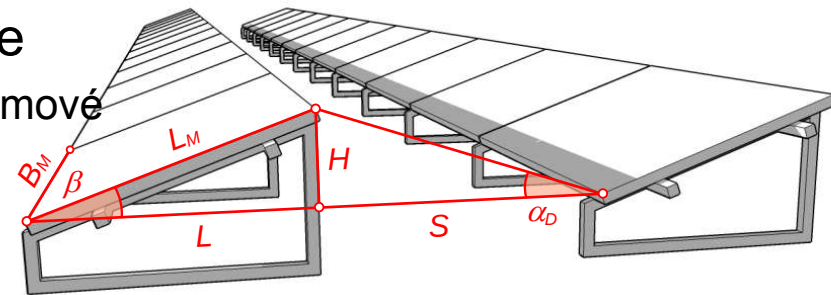


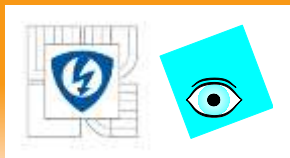
Plochá střecha > Zátěžové kotvení

(pro střechy s dostatečnou rezervou únosnosti)

Vlastní tíha FV panelů a podpůrné konstrukce
v kg/m² střešní plochy (**orientační hodnoty** pro rámové
panely typ sklo-fólie 1,6 x 1,0 m a Al k-ci).

**Vlastní tíha je malá pro kompenzaci účinků
větru = nutná dodatečná zátěž.**

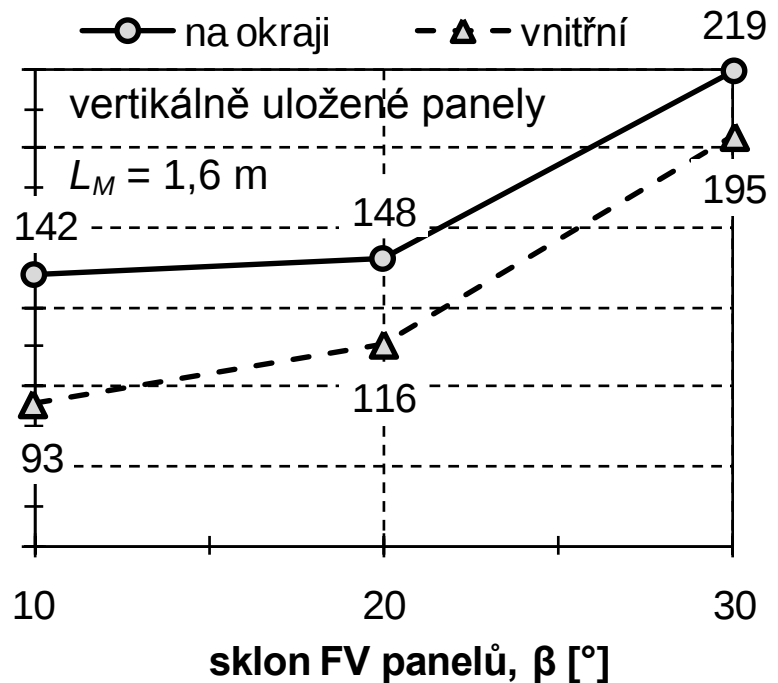
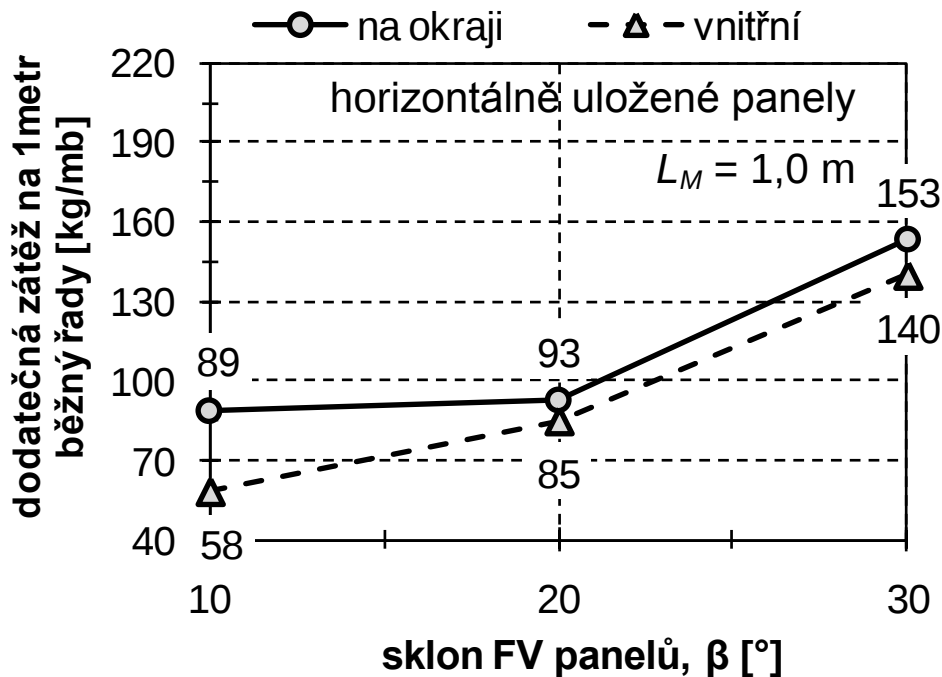
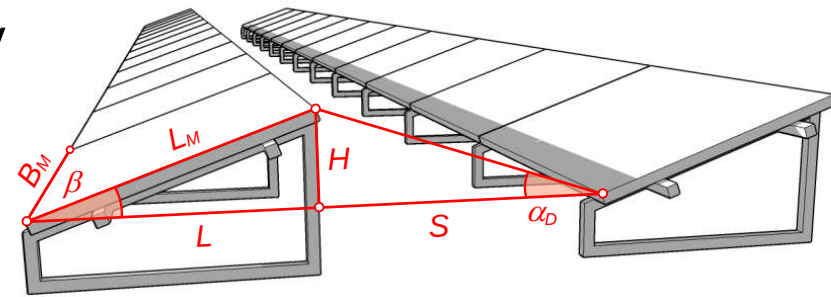


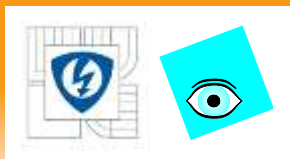


Plochá střecha > Zátěžové kotvení

(pro střechy s dostatečnou rezervou únosnosti)

Nutná dodatečná zátěž na 1 metr běžný řady při spojení řad a s protivětrnými zábranami (**orientační hodnoty** pro II. větrnou a sněhovou oblast a kategorii terénu II, výška střechy nad terénem 12 m, panely viz předchozí).





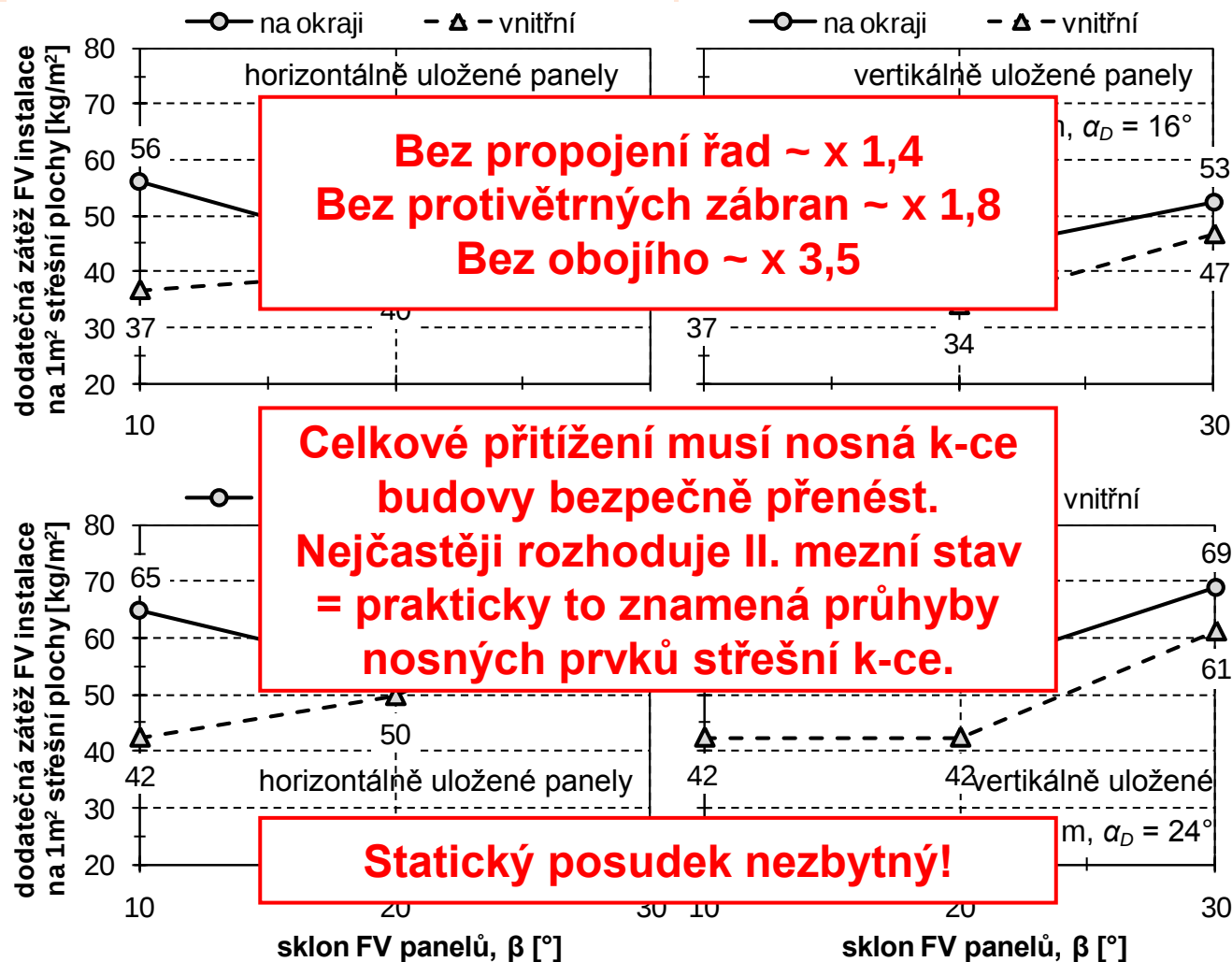
Plochá střecha > Zátěžové kotvení

(pro střechy s dostatečnou rezervou únosnosti)

Nutná dodatečná zátěž
v kg/m^2 střešní plochy
(předpoklady viz předchozí).

Roli hraje sklon panelů
 β , způsob jejich uložení
(horiz x vert) a hustota
instalace závislá na
návrhovém úhlu α_D .

**Celkové přetížení
střechy je dáno
vlastní tíhou FV panelů
a jejich podpurné k-ce
+
dodatečnou zátěží.**





Plochá střecha > Zátěžové kotvení?

Orientační rezervy únosnosti pro různé typy halových objektů.



skladová hala
ŽB prefa skelet, 70. léta,
rezerva 58 kg/m²



zátěžové kotvení možné

15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Plochá střecha > Zátěžové kotvení?

Orientační rezervy únosnosti pro různé typy halových objektů.



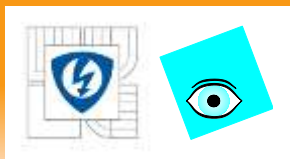
výrobní / skladová hala
ocelový skelet, 2006,
rezerva 5 kg/m² , 60 kg/mb vazníku



15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Plochá střecha > Zátěžové kotvení

Příklady.



15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Plochá střecha > Zátěžové kotvení

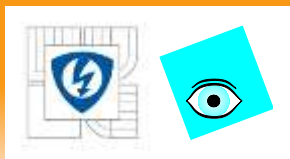
Příklady.



15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Plochá střecha > Rizika > Účinky větru

Nedostatečné přitížení.

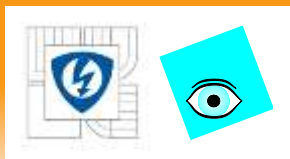
Zdroj: Schletter GmbH.



15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





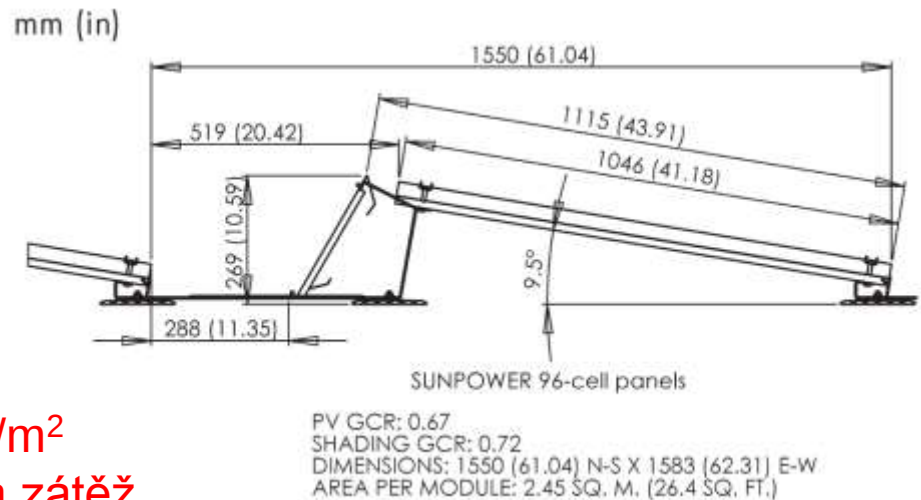
Plochá střecha > Optimalizovaná řešení

= malý sklon, propojení řad a protivětrné zábrany

Sunpower Solar Roof Tile



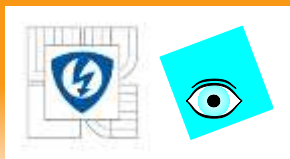
celkem 10 kg/m²
žádná dodatečná zátěž



15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





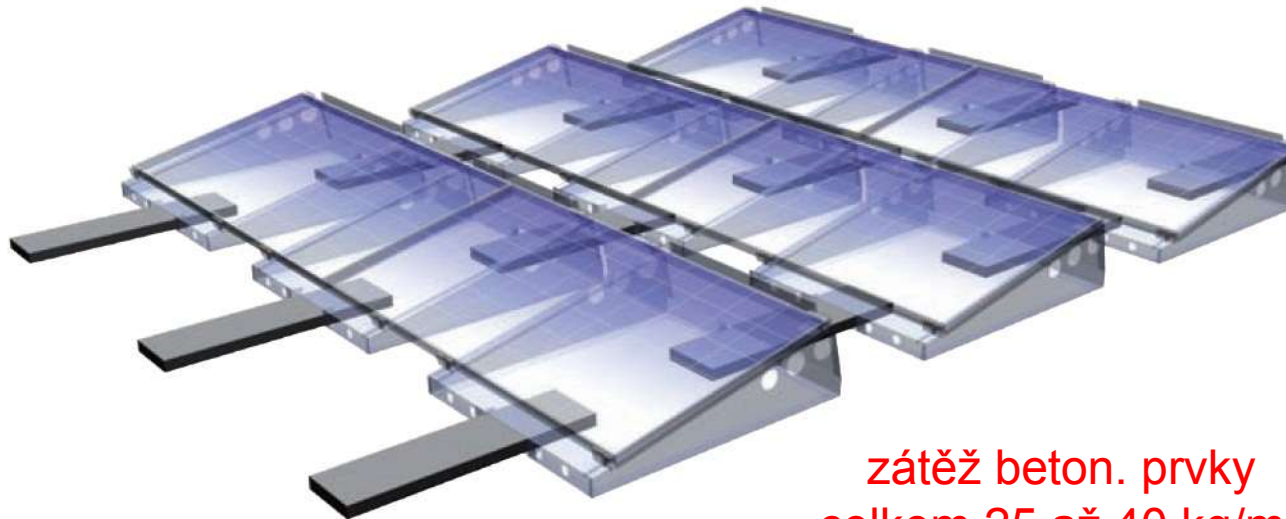
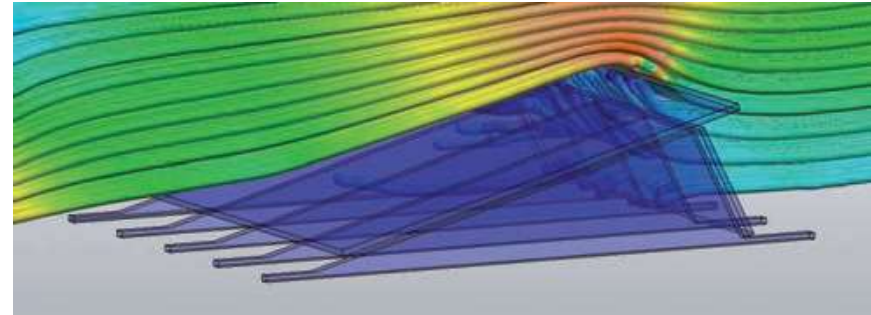
Plochá střecha > Optimalizovaná řešení

= malý sklon, propojení řad a protivětrné zábrany

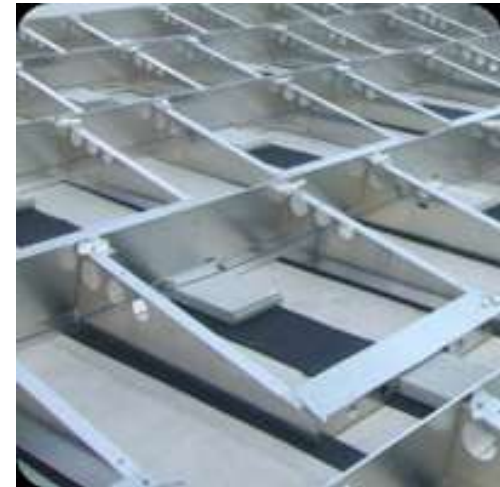
Schletter Alu Light



AluLight Frame



zátěž beton. prvky
celkem 25 až 40 kg/m²



15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



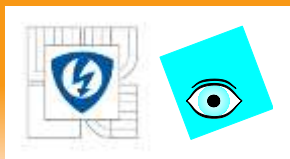
Část 1-3

BIPV VÝROBKY A ŘEŠENÍ

15.4.2011

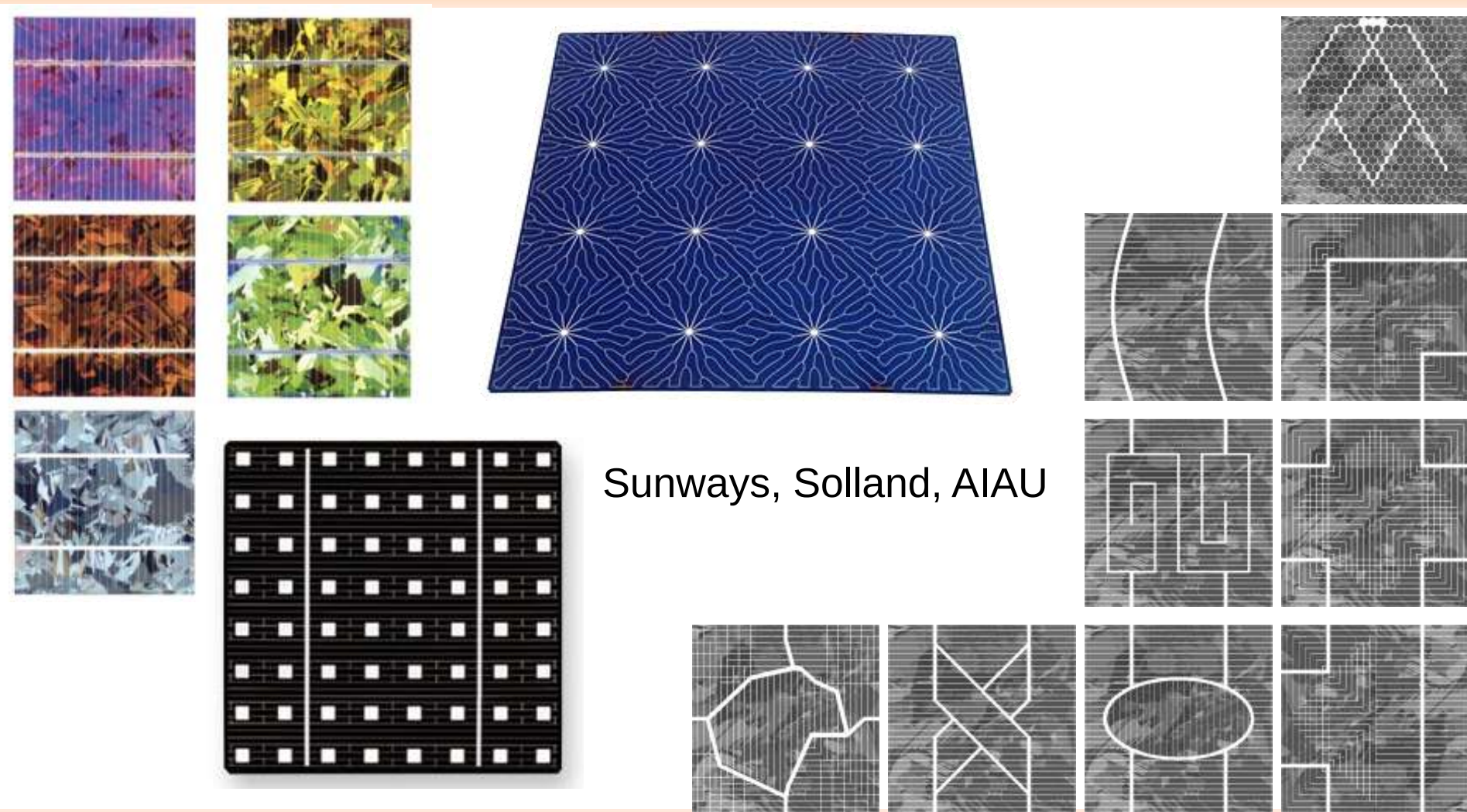
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





BIPV > Výrobky > c-Si články

Building Integrated PV = stavebně začleněná fotovoltaika

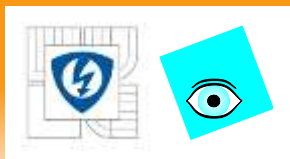


Sunways, Solland, AIAU

15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

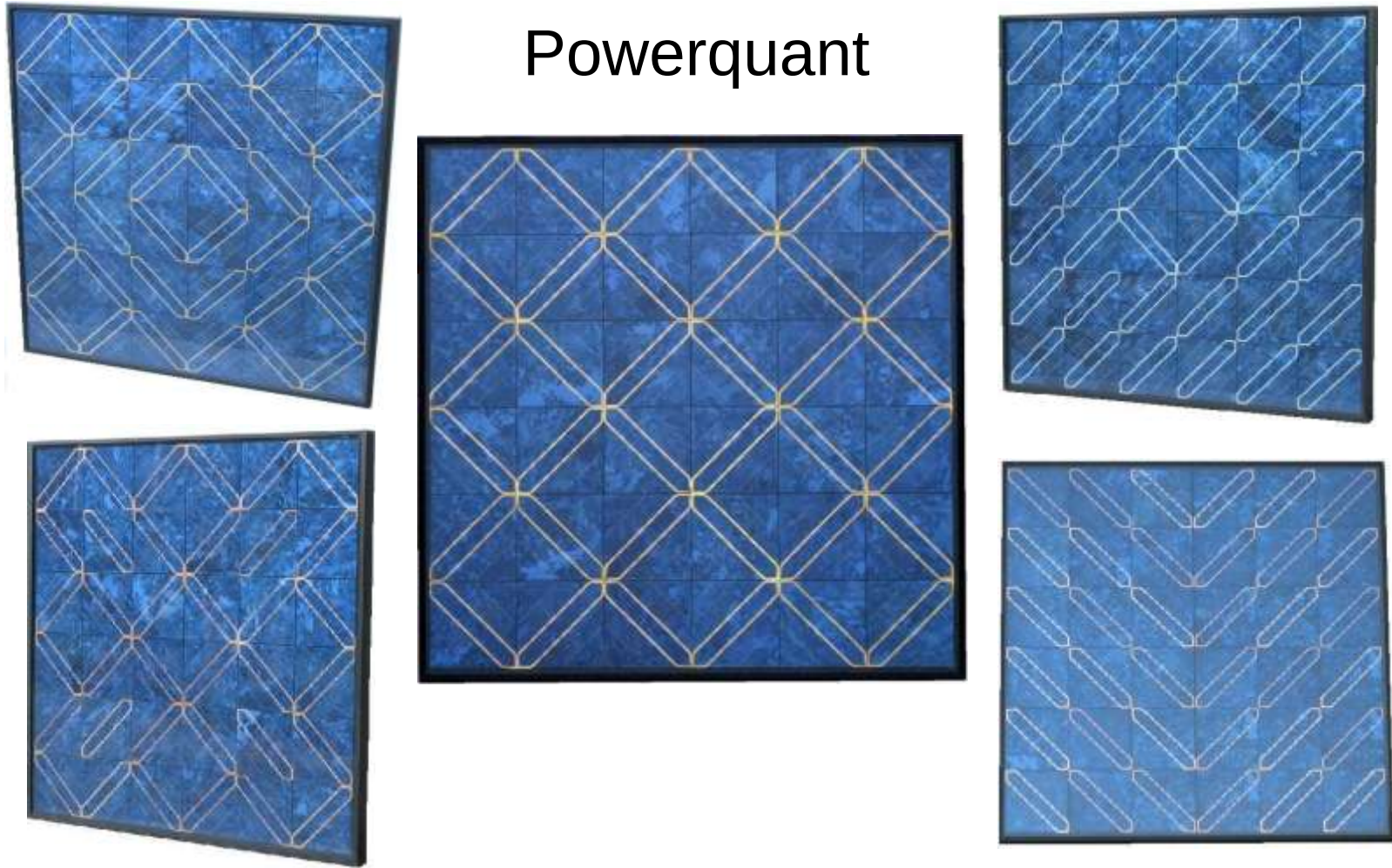




BIPV > Výrobky > c-Si panely

Building Integrated PV = stavebně začleněná fotovoltaika

Powerquant



15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





BIPV > Výrobky > c-Si panely

Building Integrated PV = stavebně začleněná fotovoltaika



Scheuten

Scheuten, SolarWorld, ErtexSolar,
Sunways, Sunpower, ...
– černý rám a zadní fólie



ErtexSolar

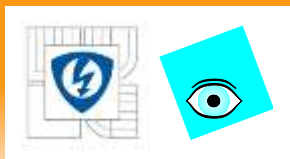


SolarWorld

15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





BIPV > Komplexní řešení

Building Integrated PV = stavebně začleněná fotovoltaika

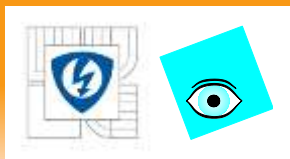
ErtextSolar: Ökothem, Schörfling, Rakousko



15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

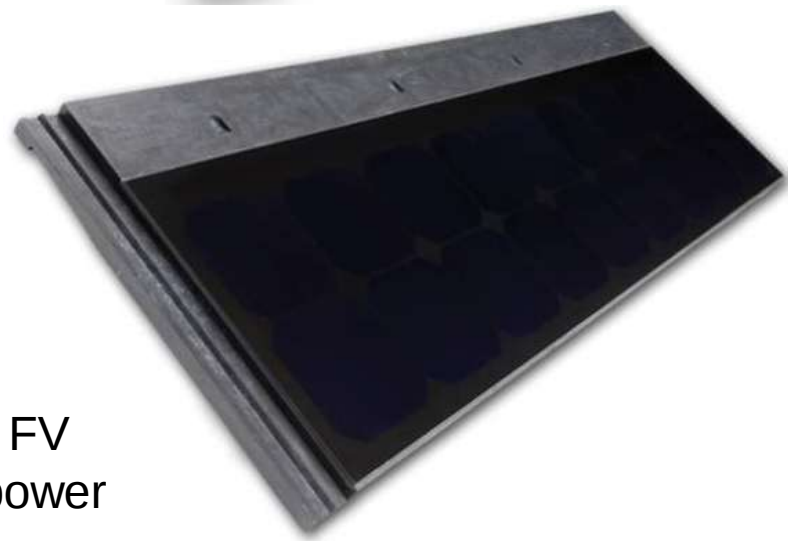
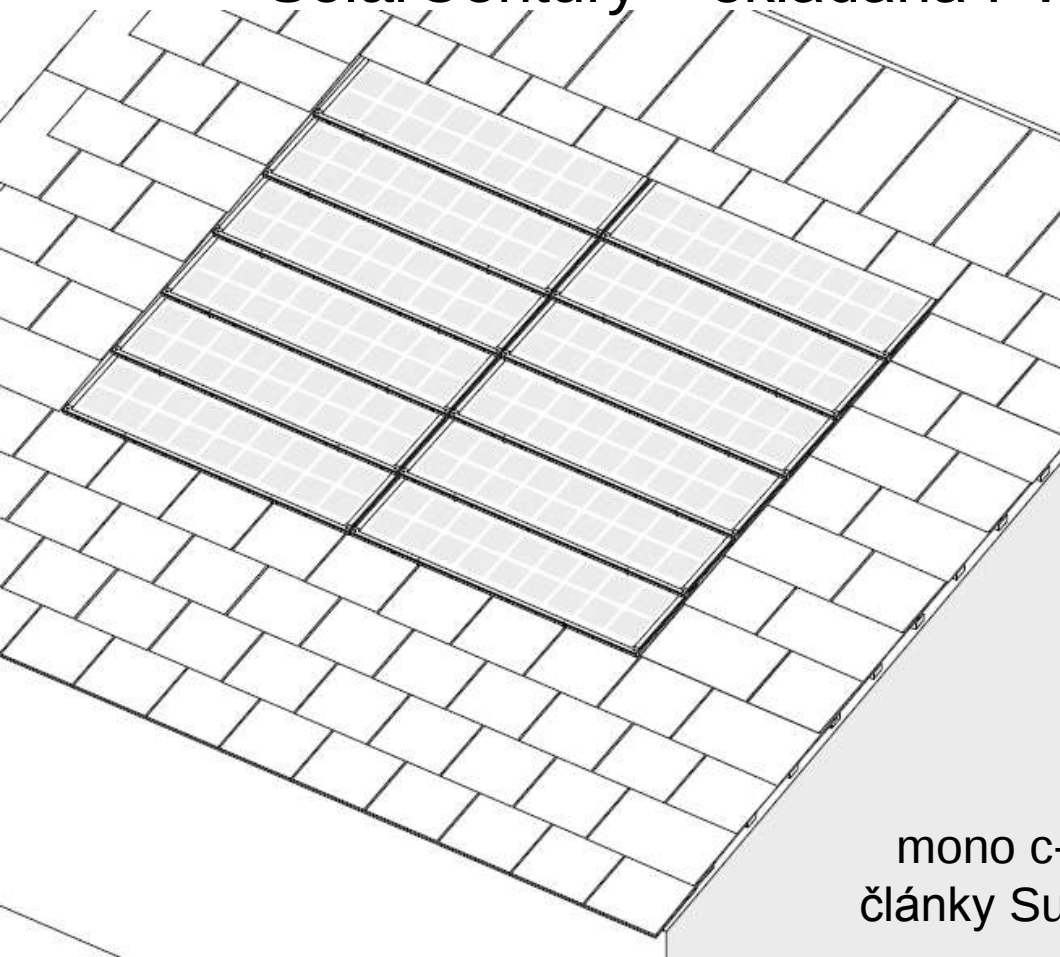




BIPV > Komplexní řešení

Building Integrated PV = stavebně začleněná fotovoltaika

SolarCentury – skládaná FV střešní krytina (c-Si)

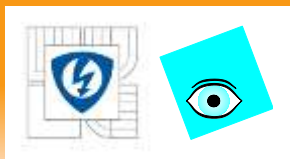


mono c-Si FV
čláčky Sunpower

15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





BIPV > Komplexní řešení

Building Integrated PV = stavebně začleněná fotovoltaika

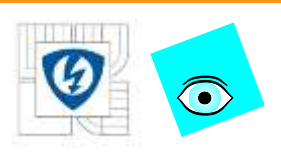
SolarCentury – skládaná FV střešní krytina (c-Si)



15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





BIPV > Komplexní řešení

Building Integrated PV = stavebně začleněná fotovoltaika

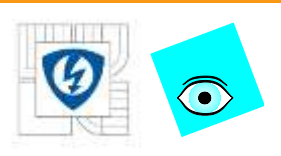
SolarWorld – Energiedach (c-Si)



15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





BIPV > Komplexní řešení

Building Integrated PV = stavebně začleněná fotovoltaika

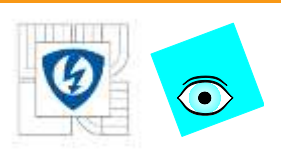
SolarWorld – Energiedach (c-Si)



15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





BIPV > Komplexní řešení

Building Integrated PV = stavebně začleněná fotovoltaika

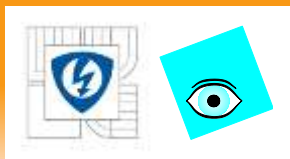
SolarWorld – Energiedach (c-Si)



15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





BIPV > Komplexní řešení

Building Integrated PV = stavebně začleněná fotovoltaika

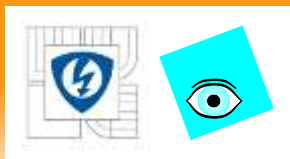
SolarWorld – Energiedach (c-Si)



15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





BIPV > Komplexní řešení

Building Integrated PV = stavebně začleněná fotovoltaika

SolarWorld – Energiedach (c-Si)

Overview drawing

Components of the Energiedach® assembly system

Item Component

- 1 Solar power laminate
- 2 Vertical mounting frame
- 3 Spacer
- 4 Horizontal mounting frame
- 5 Support frame
- 6 Support frame rails
- 7 Ventilation grating edge
- 8 Ventilation grating centre
- 9 Self-tapping screw 2.9 x 16 mm
- 10 Edge termination angle
- 11 Central termination angle
- 12 Compression tape
- 13 EPDM mounting rubber
- 14 EPDM vertical rubber clamp
- 15 EPDM horizontal rubber clamp
- 16 Wood screw
- 17 Self-tapping screw 4.8 x 19 mm
- 18 Seal for self-tapping screws
- 19 Screw M4 x 6 mm

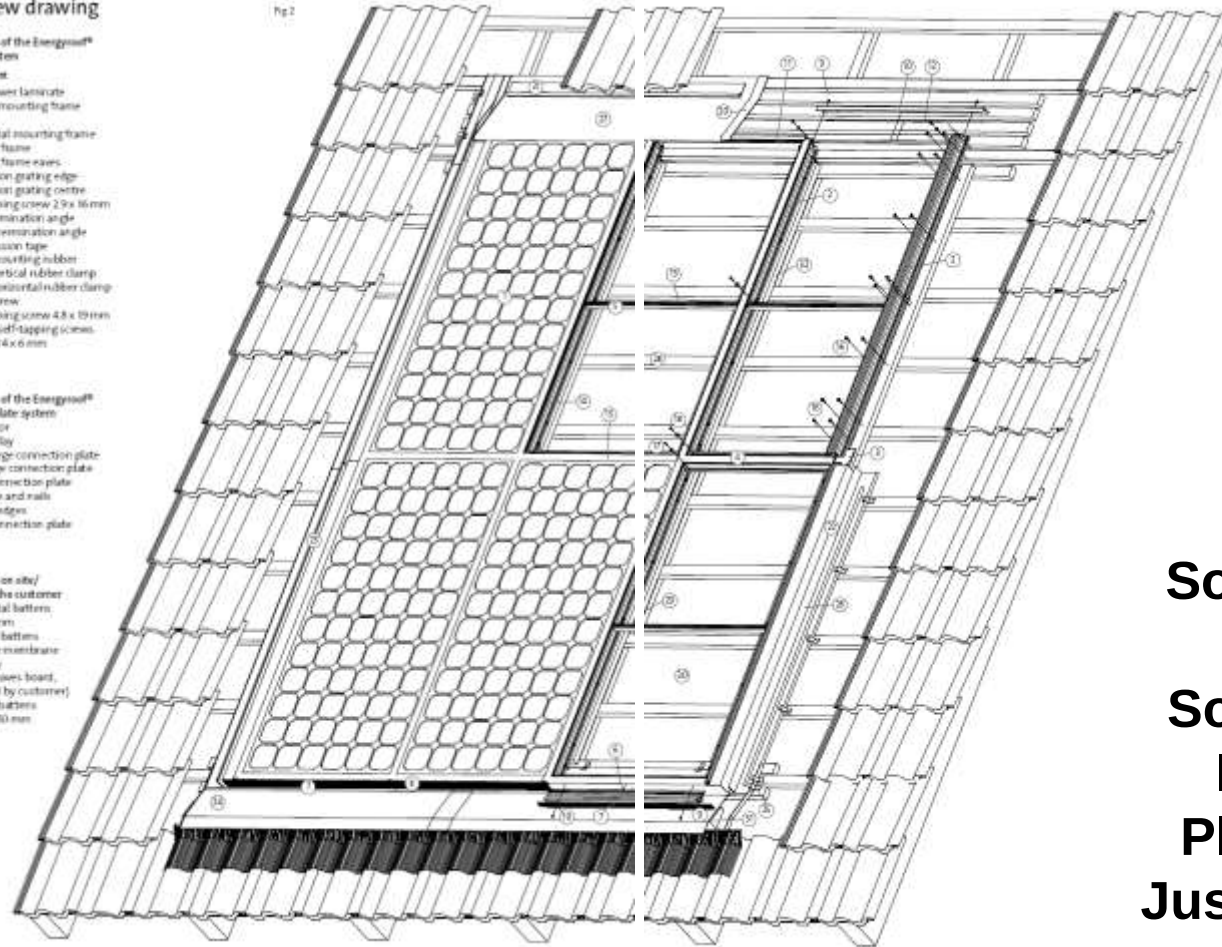
Components of the Energiedach® connection plate system

- 20 Connector
- 21 Tile overlay
- 22 Right verge connection plate
- 23 Left verge connection plate
- 24 Eave connection plate
- 25 Adhesive and nails
- 26 Foam wedge
- 27 Ridge connection plate

Components on site/
provided by the customer

- 28 Horizontal battens
30 x 50 mm
- 29 Counter battens
- 30 Breather membrane
underlay
- 31 Lining joists board,
provided by customer
- 32 Vertical battens
2 x 30 x 50 mm

Hg 2



...a další:

Solrif / Ernst Schweizer

Oryon / Solstis

Solardach III / Conergy

Indach / Montavent

Plandach 5 / Schletter

Just Roof / Suntech MSK

15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



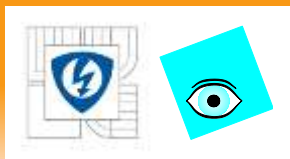


BIPV > Komplexní řešení

Building Integrated PV = stavebně začleněná fotovoltaika

Výhody a co je potřeba ...

- Systémová a opakovatelná řešení pro běžné případy
 - Zaručené parametry instalace
(výkon, produkce, kotvení, stavební i elektrická funkce a životnost = celku!)
- Předepsané komponenty ve vzájemné souhře
- Typová projektová dokumentace (web → arch → úřad)
 - Jednoznačné a podrobné montážní návody
- Škála doplňků (oplechování, průchodky, uzemnění, ...)
- Dlouhodobé záruky (10 let na produkt, 25 let na výkon)

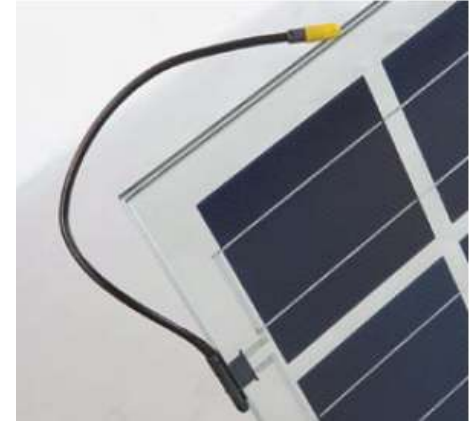
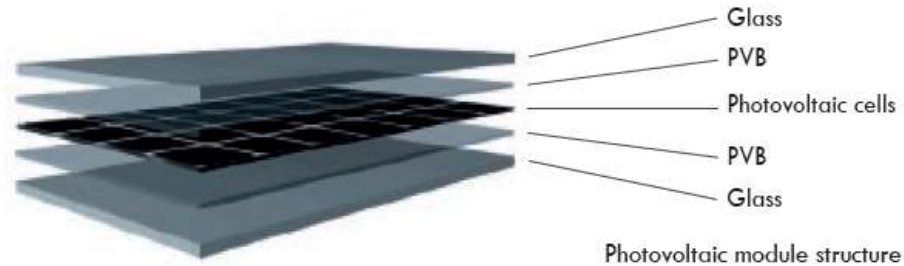


BIPV > Výrobky > semitrtransparentní panely

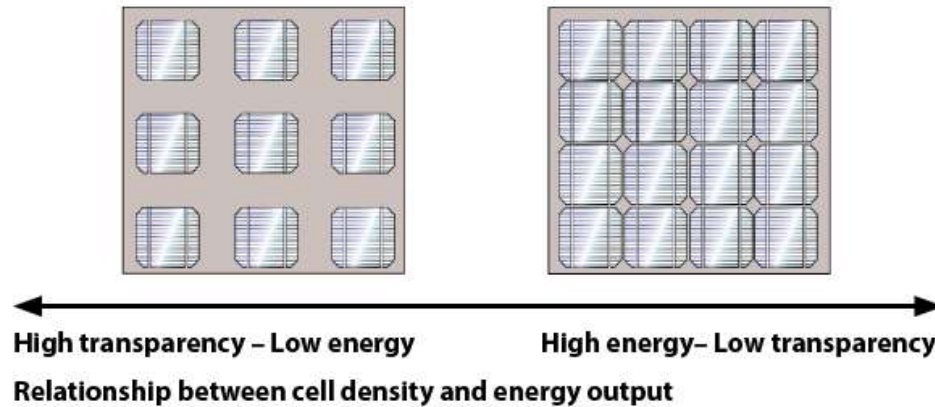
Building Integrated PV = stavebně začleněná fotovoltaika

Scheuten

sklo-sklo
laminát



tepelně
izolační
zasklení



15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





BIPV > Komplexní řešení

Building Integrated PV = stavebně začleněná fotovoltaika

Scheuten

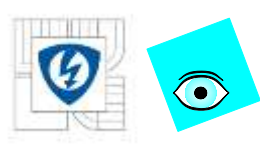
sídlo Scheuten Solar Technology GmbH



15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





BIPV > Komplexní řešení

Building Integrated PV = stavebně začleněná fotovoltaika

ErtexSolar

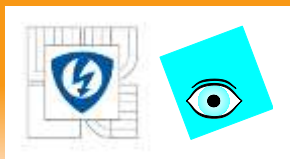


*radnice Ludesch,
Rakousko*

15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





BIPV > Komplexní řešení

Building Integrated PV = stavebně začleněná fotovoltaika

ErtextSolar

Passail, Rakousko



15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





BIPV > Komplexní řešení

Building Integrated PV = stavebně začleněná fotovoltaika

BP Solar

Uni of East Anglia, Norwich, UK



› University of East Anglia, Norwich, UK - BP Solar

15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





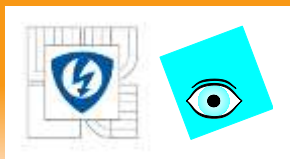
Část 1-4

STÁRNUTÍ A POKLES VÝKONU

15.4.2011

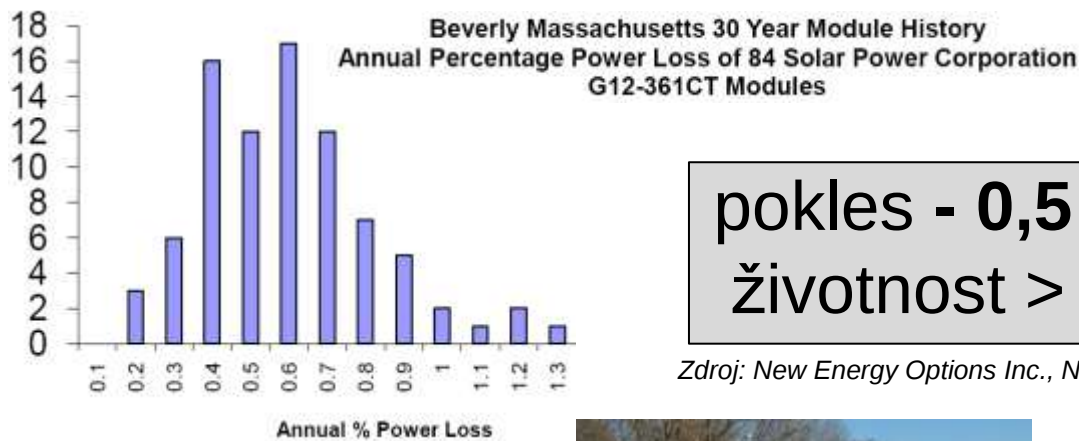
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Stárnutí c-Si FV panelů a pokles výkonu

Zdroj: New Energy
Options Inc.



**pokles - 0,5 %/rok
životnost > 30 let**

Zdroj: New Energy Options Inc., NREL, ISAAC, JRC.



Zdroj: New Energy Options Inc.
instalace z roku 1980.



NREL, venkovní testovací pole (PERT)



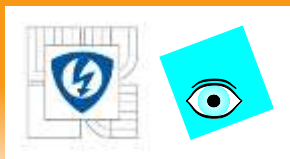
ISAAC, venkovní testovací pole



ISAAC, instalace z roku 1982

15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Dlouhodobá estetika

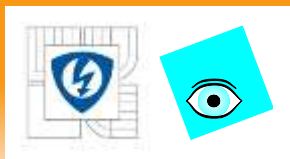
Zdroj: New Energy
Options Inc.



15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Dlouhodobá estetika

Zdroj: New Energy
Options Inc.



15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Část 2

FV SYSTÉMY V REÁLNÉM PROVOZU, ENERGETICKÁ PRODUKCE

15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Část 2-1

ZTRÁTY, VÝKONOVÝ SOUČINITEL A ENERGETICKÁ PRODUKCE

15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Ztráty na panelech > Optické

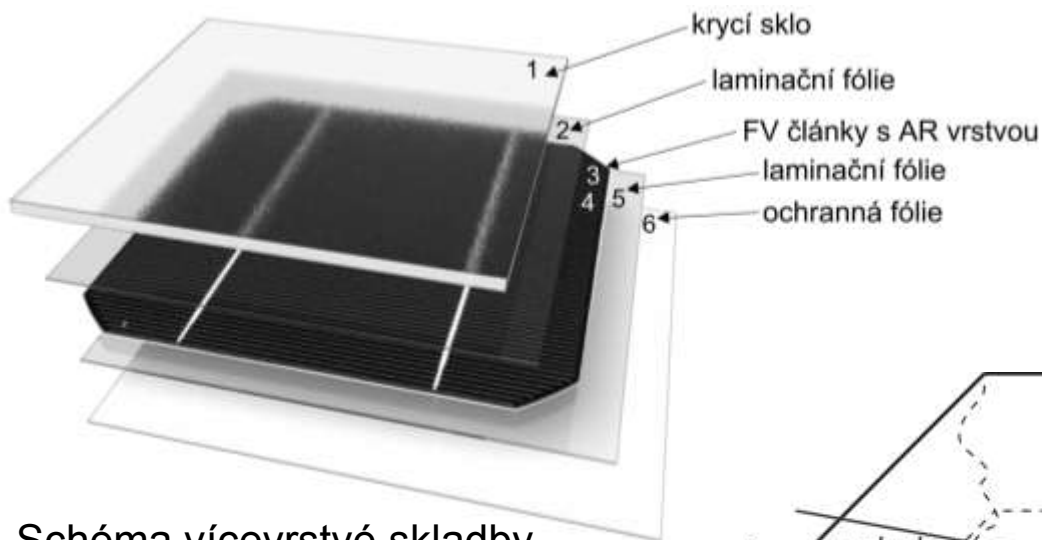
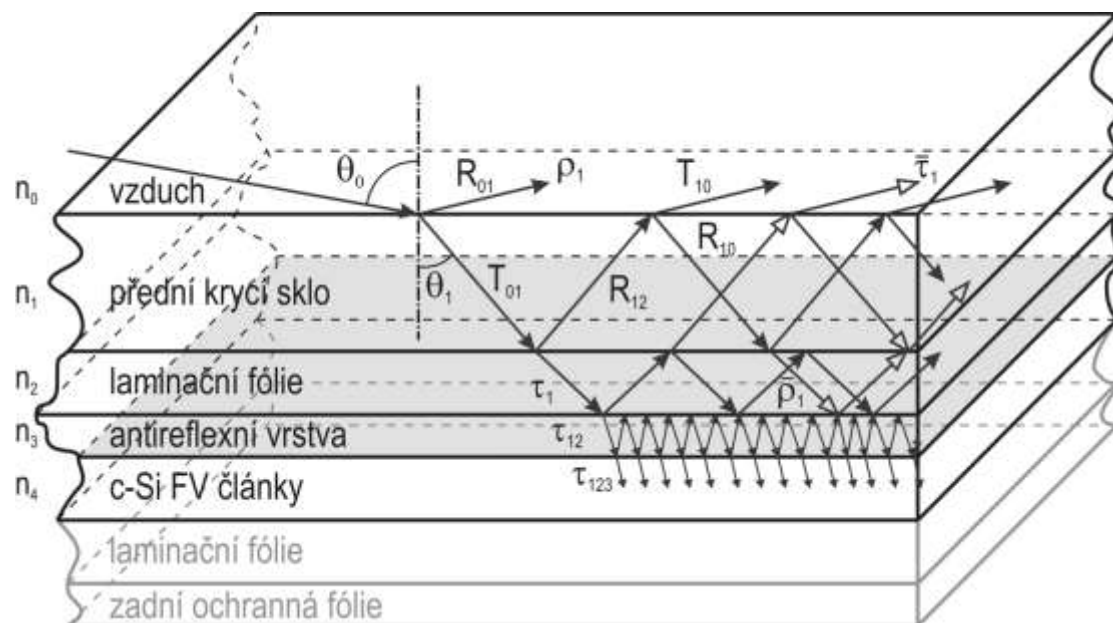
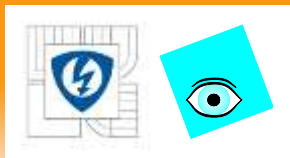


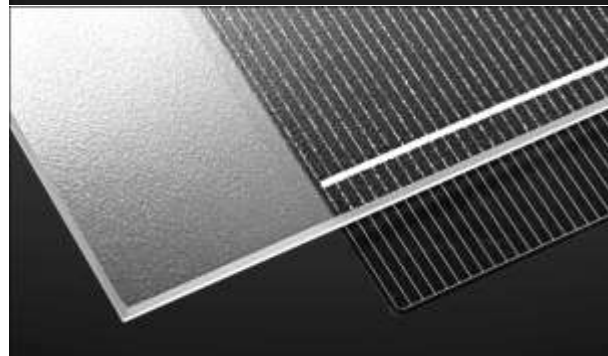
Schéma vícevrstvé skladby c-Si FV panelu.

Průchod světelného paprsku skladbou c-Si FV panelu.

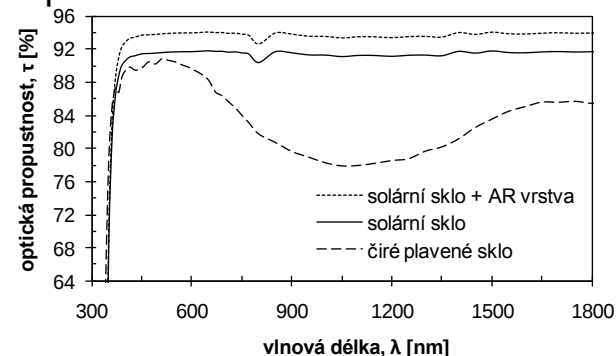




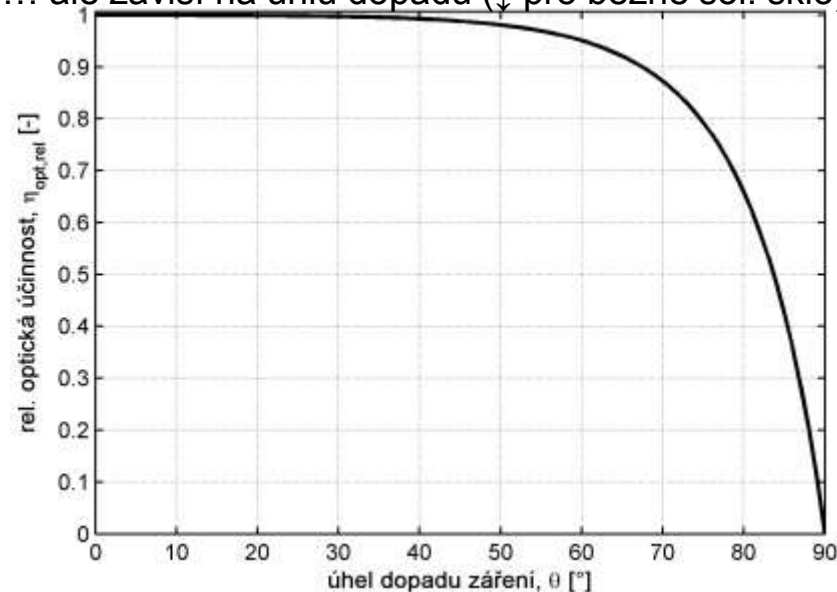
Ztráty na panelech > Optické

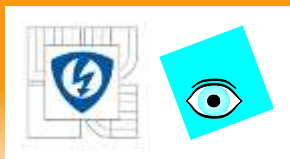


Optická propustnost nezávisí na vlnové délce záření...

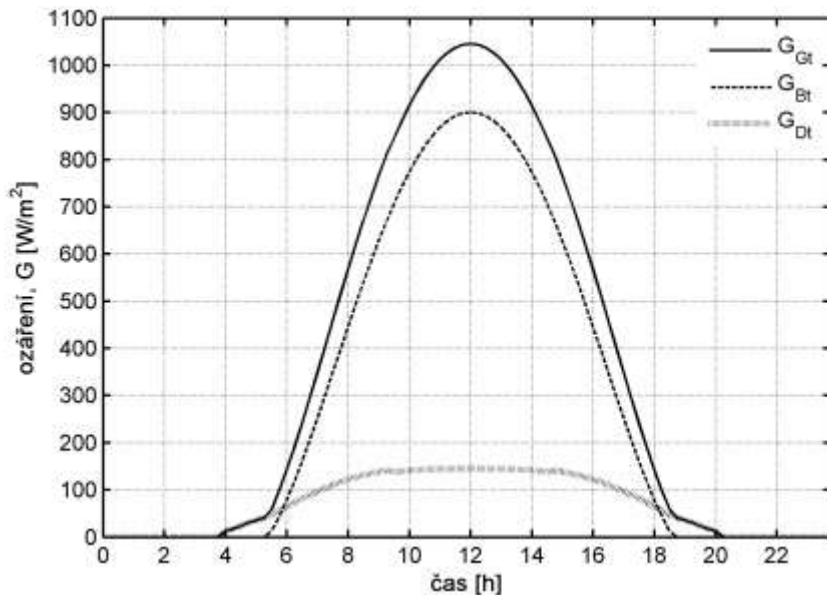


... ale závisí na úhlu dopadu ($\downarrow$ pro běžné sol. sklo).





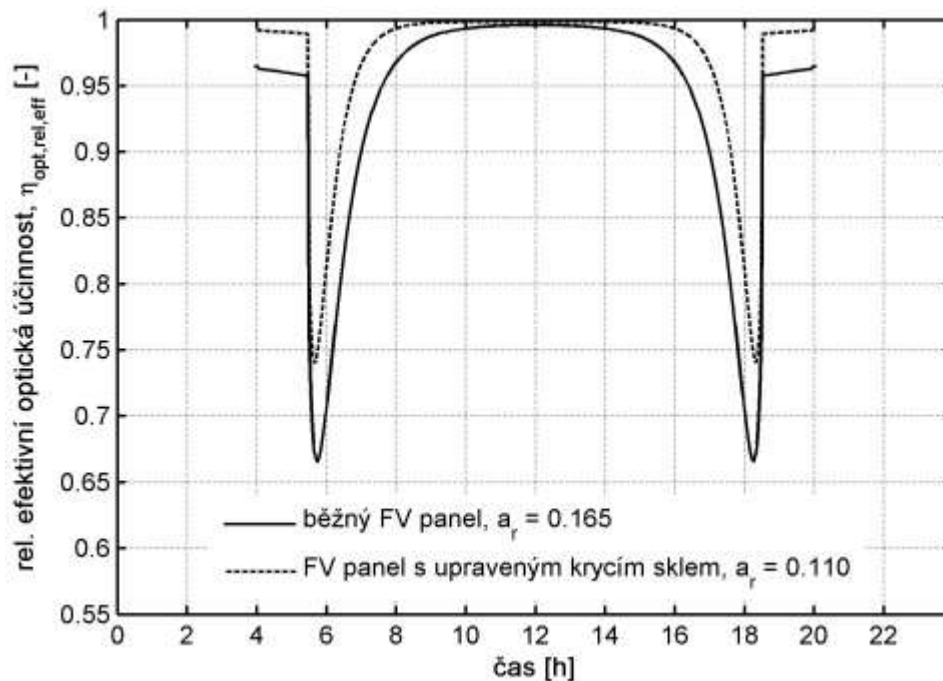
Ztráty na panelech > Optické



Sluneční ozáření pro modelový den letního slunovratu s jasnou oblohou.

Optickou propustnost nutné počítat zvlášť pro jednotlivé složky slunečního záření.

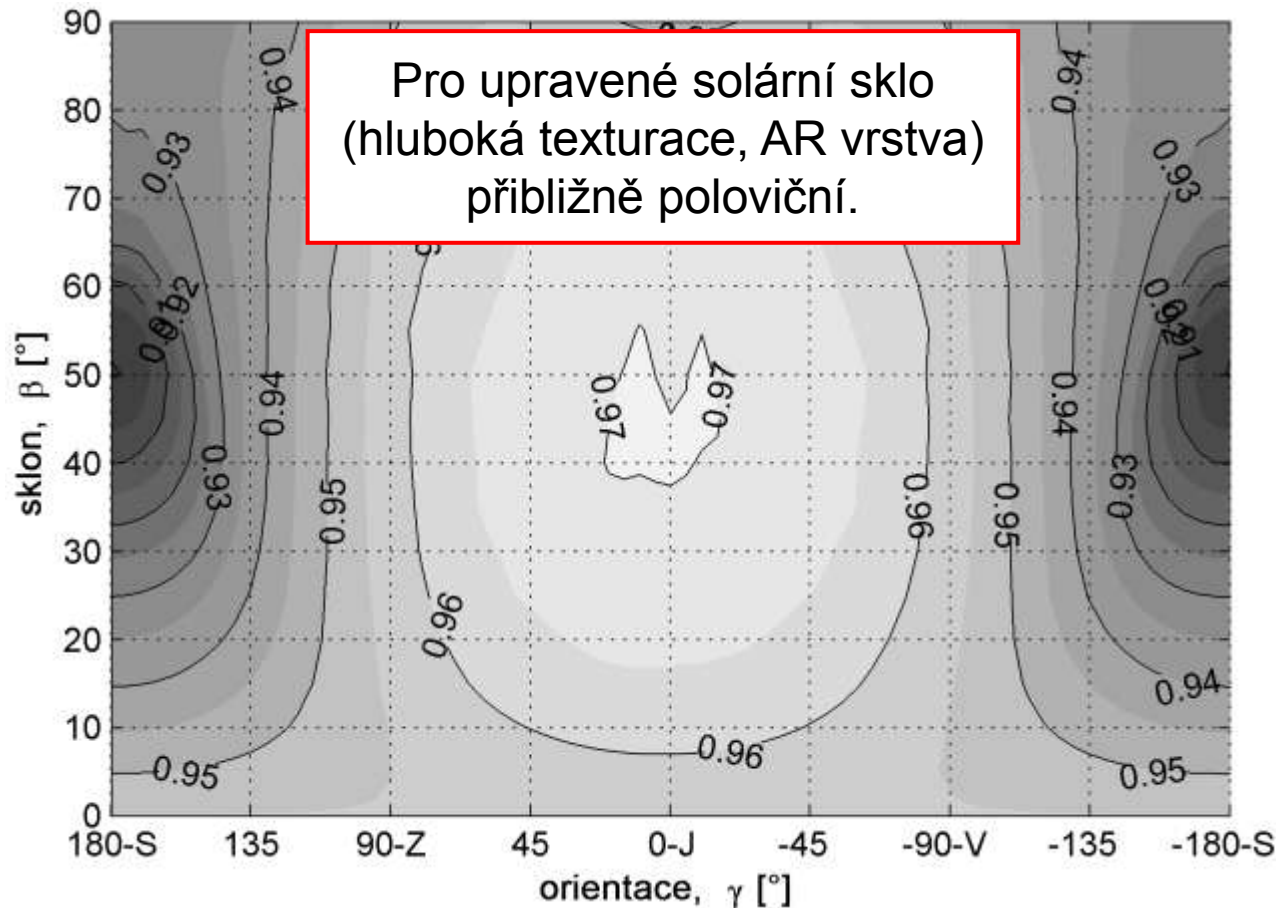
Výsledná (relativní efektivní) optická účinnost pro FV panel ve sklonu 30° s jižní orientací.



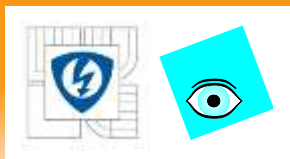


Ztráty na panelech > Optické

Optické ztráty c-Si FV panelu s běžným solárním sklem v ročním úhrnu v závislosti na sklonu a orientaci (pro lokalitu Praha, ale ~ pro celou ČR).



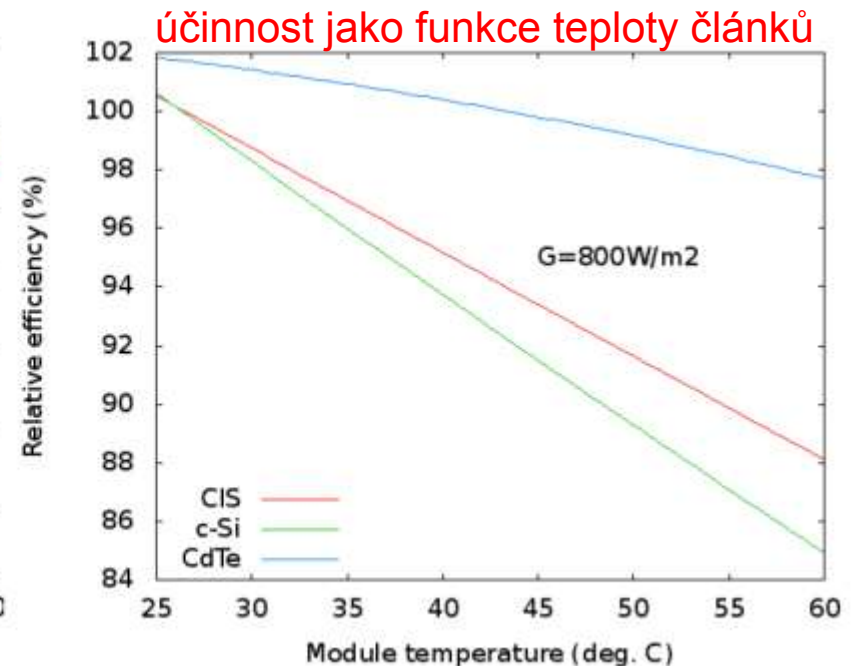
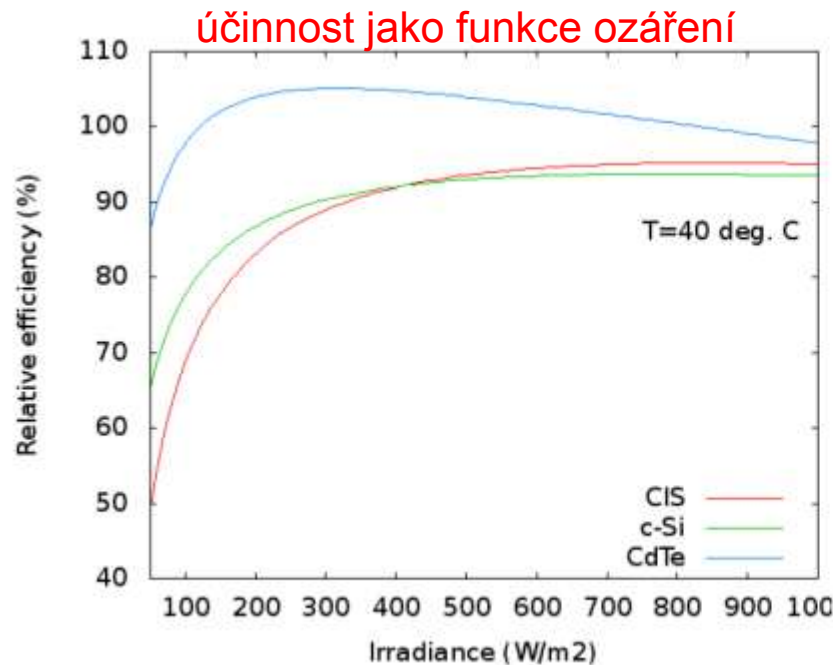
15.4.2011



Ztráty na panelech > Teplotní a vlivem nízké hladiny ozáření

Model konverzní účinnosti FV panelů použitý v nástroji PVGIS.

Zdroj: HULD et al. *Mapping the Performance of PV Modules of Different Types*, 24th EUPVSEC, 2009.

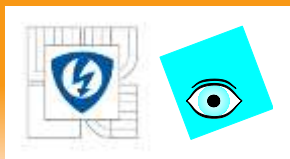


Ztráty vlivem nízkého ozáření v ročním úhrnu
(pro lokalitu Praha, ale ~ pro celou ČR).

c-Si: $J/45^\circ = 4,5 \%$, $JZ/45^\circ = 5,0 \%$, $Z/45^\circ = 6,7 \%$

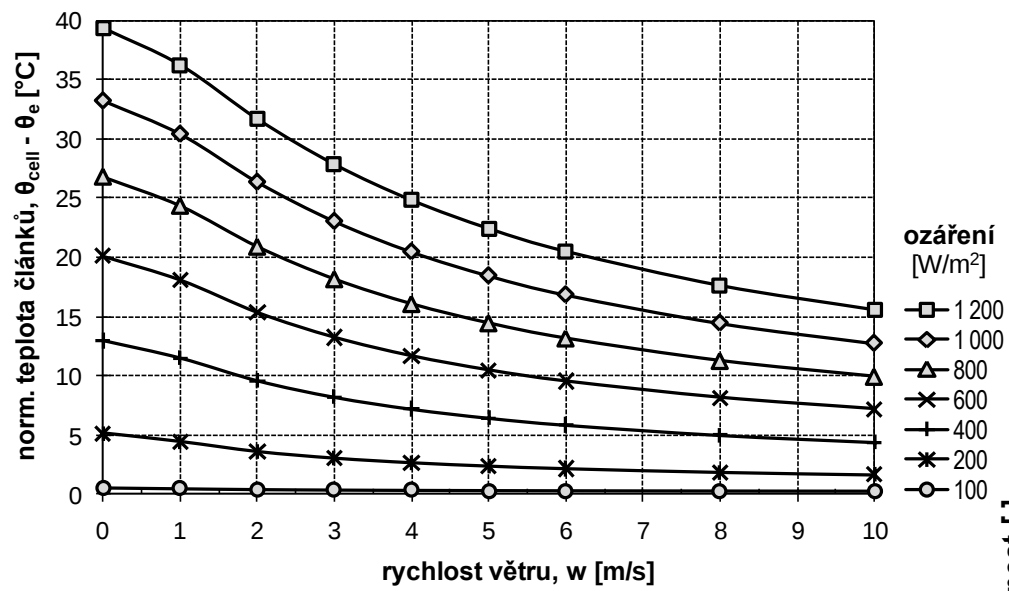
CdTe: $J/45^\circ = -4,6 \%$, $JZ/45^\circ = -4,8 \%$, $Z/45^\circ = -5,4 \%$

Podrobněji dále...

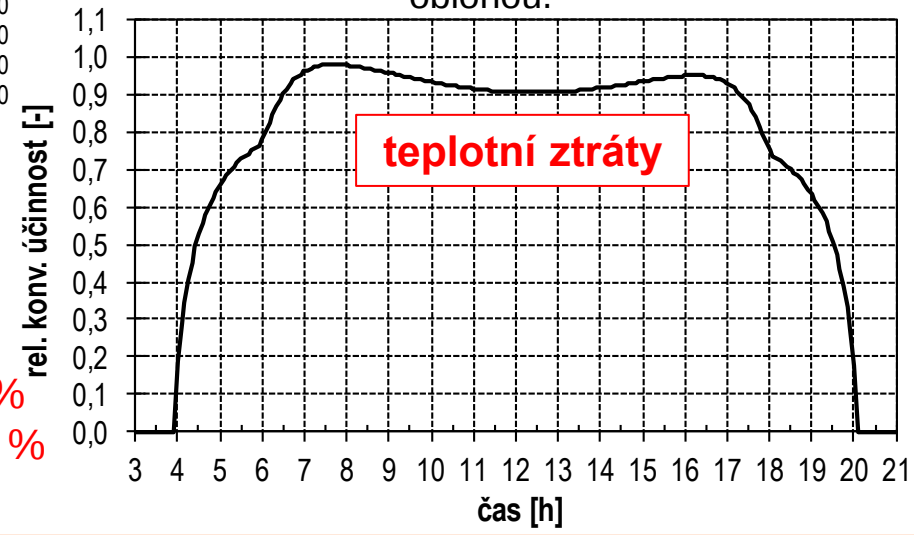


Ztráty na panelech > Teplotní FV panely v otevřené poloze

Nárůst teploty c-Si FV článků nad teplotu venkovního vzduchu v závislosti na ozáření a rychlosti větru.

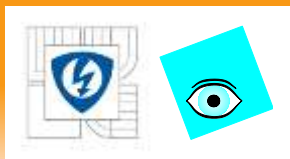


Relativní konverzní účinnost c-Si FV panelu J/30° pro modelový den letního slunovratu s jasnou oblohou.



Teplotní ztráty v ročním úhrnu
(pro lokalitu Praha, ale ~ pro celou ČR).

c-Si: J/45° = 2,8 %, JZ/45° = 2,8 % , Z/45° = 1,9 %
CdTe: J/45° = 0,6 %, JZ/45° = 0,4 % , Z/45° = -0,5 %



Ztráty na panelech > Teplotní

FV panely stavebně integrované

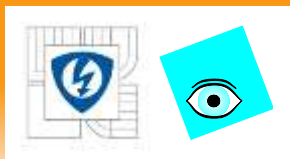
Střešní FV instalace na pasivních domech K6 a K7, Koberovy



15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

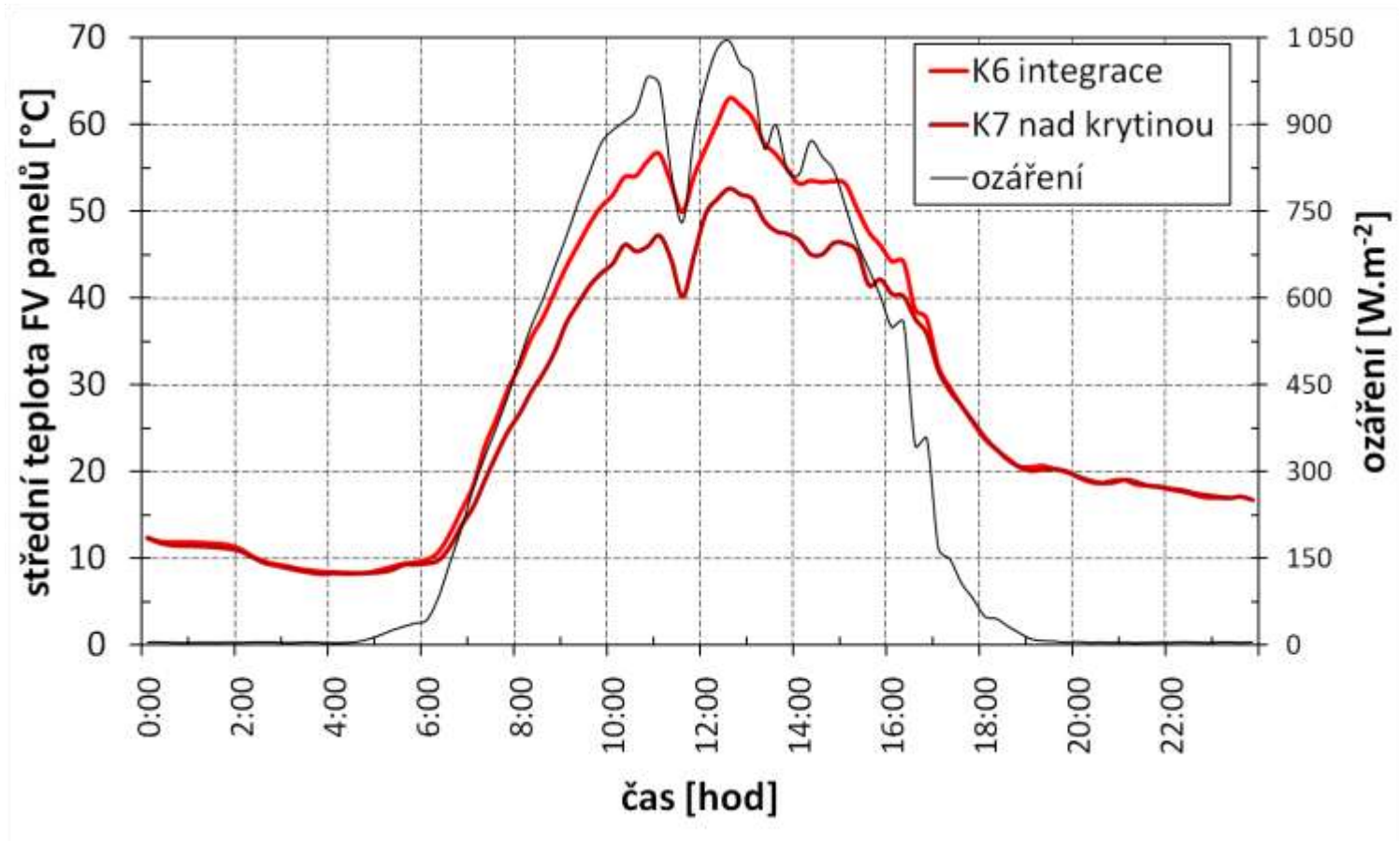




Ztráty na panelech > Teplotní

FV panely stavebně integrované

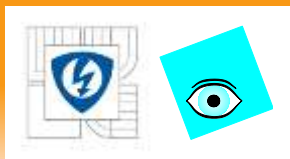
Střešní FV instalace na pasivních domech K6 a K7, Koberovy



15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



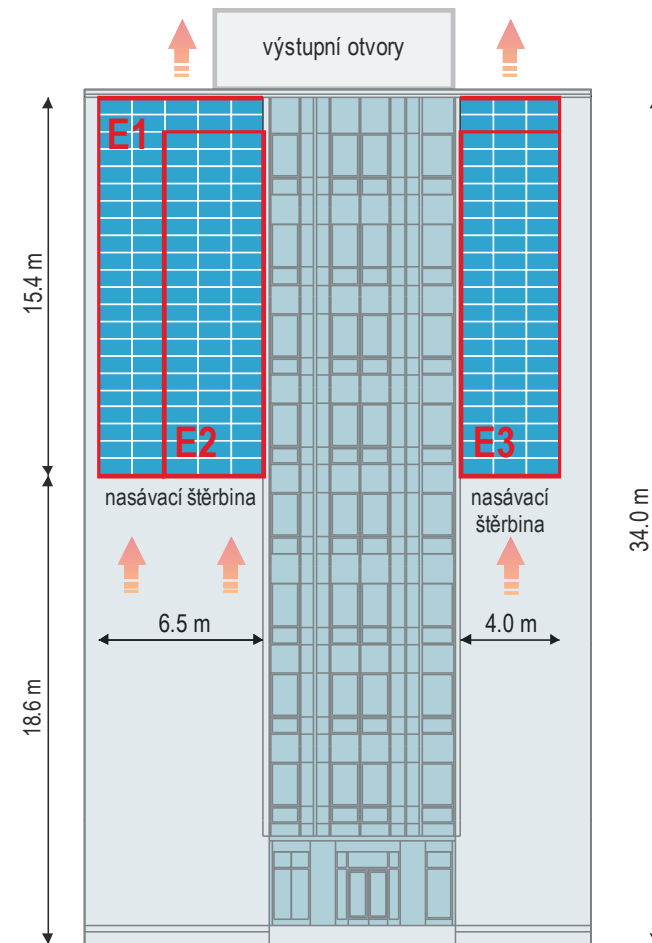


Ztráty na panelech > Teplotní

FV panely stavebně integrované

Fasádní FV instalace na ČVUT

176 ks c-Si FV panelů, 150,8 m²



15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

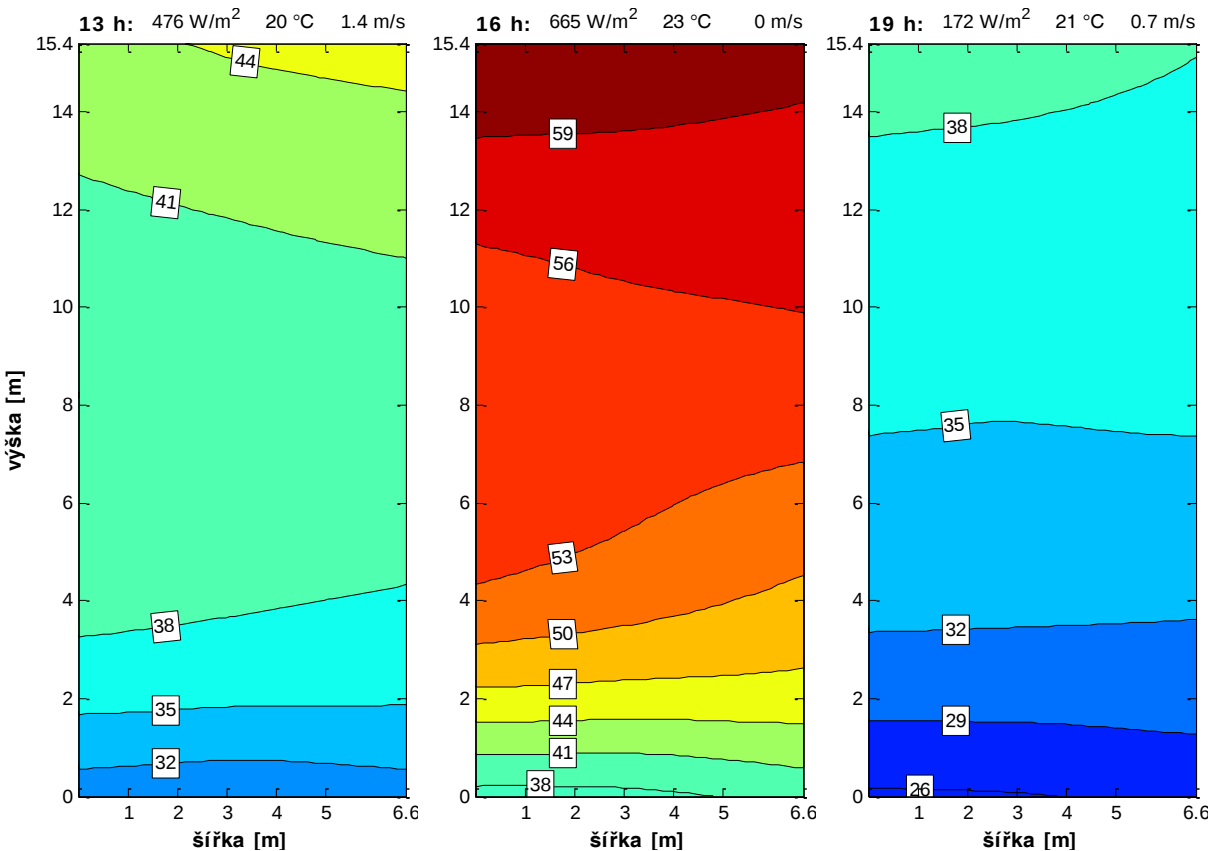




Ztráty na panelech > Teplotní

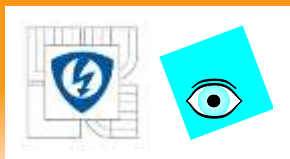
FV panely stavebně integrované

Fasádní FV instalace na ČVUT, JZ/90°



15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Ztráty na panelech > Teplotní

FV panely stavebně integrované

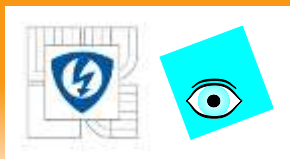


Teplotní ztráty v ročním úhrnu pro běžně větranou dutinu mezi panely a k-cí budovy
(pro lokalitu Praha, ale ~ pro celou ČR).

c-Si: $J/45^\circ = 3,9 \%$, $JZ/45^\circ = 3,9 \%$, $Z/45^\circ = 3,0 \%$
CdTe: $J/45^\circ = 1,2 \%$, $JZ/45^\circ = 0,9 \%$, $Z/45^\circ = 0,1 \%$

**cca 2 x větší než u
panelů v otevřené
poloze**

U špatně větraných dutin až > 6 % pro c-Si FV panely



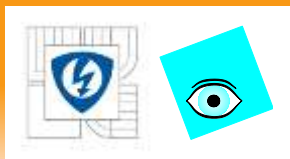
Ostatní ztráty a výkonový součinitel

Obvyklé ztráty FV systému s panely v otevřené poloze – roční úhrn.

druh ztráty	DC strana [%]
spektrální ztráty	1,0
ztráty odrazem	3,1
teplotní ztráty	2,9
ztráty vlivem nízké hladiny ozáření	4,4
ztráty vlivem odchylek el. parametrů	2,0
ztráty v DC vedení	1,3
výkonový součinitel na DC straně, PR_{DC} [-]	0,86
	AC strana [%]
ztráty na DC/AC měničích	$(1 - \eta_{EURO}) \times 100$
ztráty v AC vedení	1,0
výkonový součinitel na AC straně, PR_{AC} [-]	$\eta_{EURO} \times 0,99$

Zvolíme-li EURO-účinnost měničů 95 %, potom obdržíme výkonový součinitel FV systému

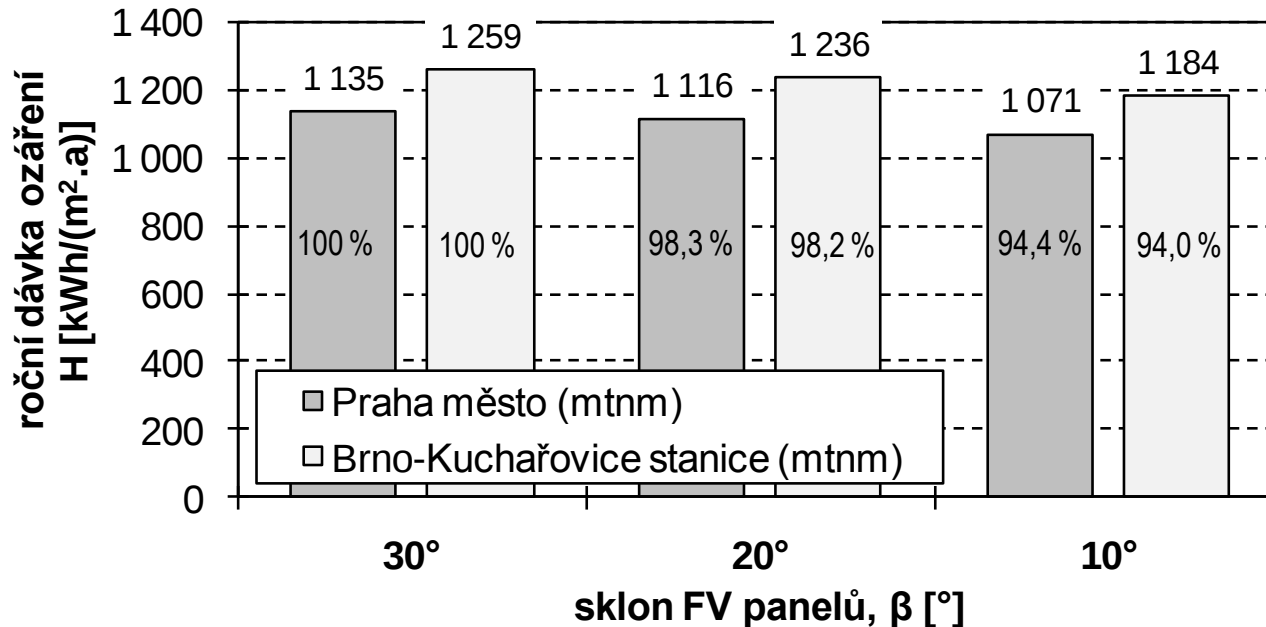
$$PR = PR_{DC} \cdot PR_{AC} = 0,86 \cdot 0,95 \cdot 0,99 = 0,81 \quad [-]$$



Roční dávka ozáření a produkce systému

Roční produkce na 1 instalovaných kW_p DC výkonu

$$e = PR \cdot H \quad [\text{kWh}/(\text{kW}_p \cdot \text{a})]$$



Např. pro systém na ploché střeše s jižně orientovanými FV panely ve sklonu 30°
v lokalitě Praha

$$e = 0,81 \cdot 1\,135 = 920 \text{ kWh}/(\text{kW}_p \cdot \text{rok})$$



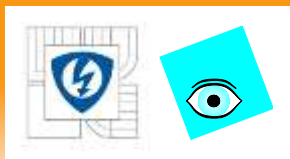
Část 2-2

ČÁSTEČNÉ STÍNĚNÍ PANELŮ A NÁVRH INSTALACÍ NA PLOCHÉ STŘECHY

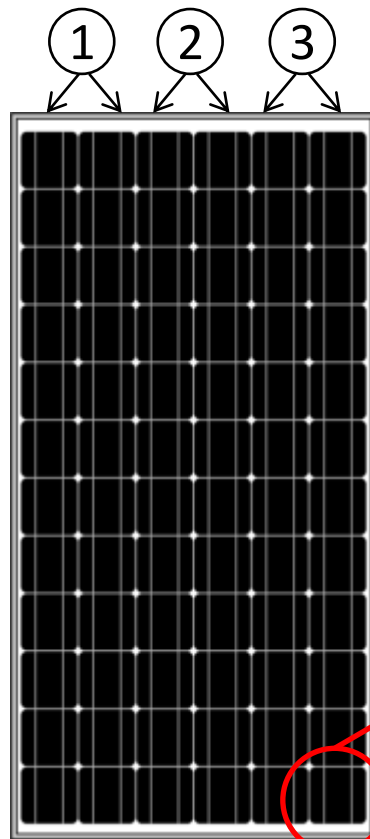
15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

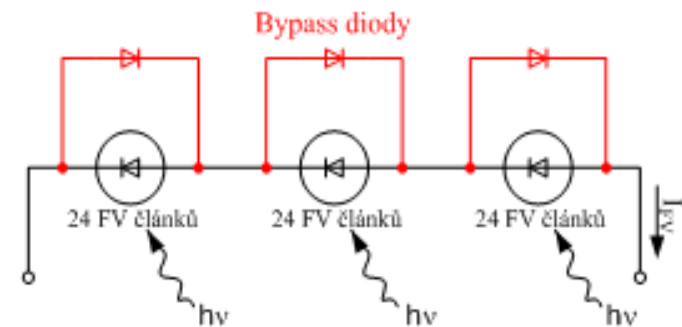




Výkon c-Si panelů při částečném stínění

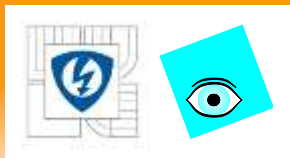


72 FV článků v sérii
3 bypass diody



15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Výkon c-Si panelů při částečném stínění

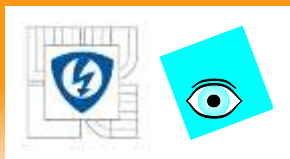


Velikost stínění na článkách	Výkon FV panelu [W]
Bez stínění	100
1/4 článku	82
1/2 článku	63
Celý článek	62
1 svislá řada	60
1 vodorovná řada	23
2 vodorovné řady	18

15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Výkon c-Si panelů při částečném stínění

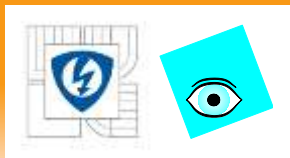


Velikost stínění na článcích	Výkon FV panelu [W]
Bez stínění	100
1/4 článku	82
1/2 článku	63
Celý článek	62
1 svislá řada	60
1 vodorovná řada	23
2 vodorovné řady	18

15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Výkon c-Si panelů při částečném stínění

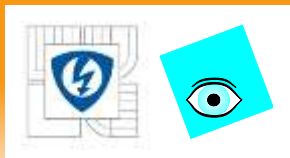


Velikost stínění na článcích	Výkon FV panelu [W]
Bez stínění	100
1/4 článku	82
1/2 článku	63
Celý článek	62
1 svislá řada	60
1 vodorovná řada	23
2 vodorovné řady	18

15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Výkon c-Si panelů při částečném stínění

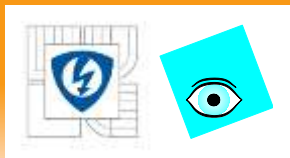


Velikost stínění na článcích	Výkon FV panelu [W]
Bez stínění	100
1/4 článku	82
1/2 článku	63
Celý článek	62
1 svislá řada	60
1 vodorovná řada	23
2 vodorovné řady	18

15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Výkon c-Si panelů při částečném stínění

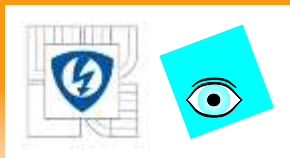


Velikost stínění na článcích	Výkon FV panelu [W]
Bez stínění	100
1/4 článku	82
1/2 článku	63
Celý článek	62
1 svislá řada	60
1 vodorovná řada	23
2 vodorovné řady	18

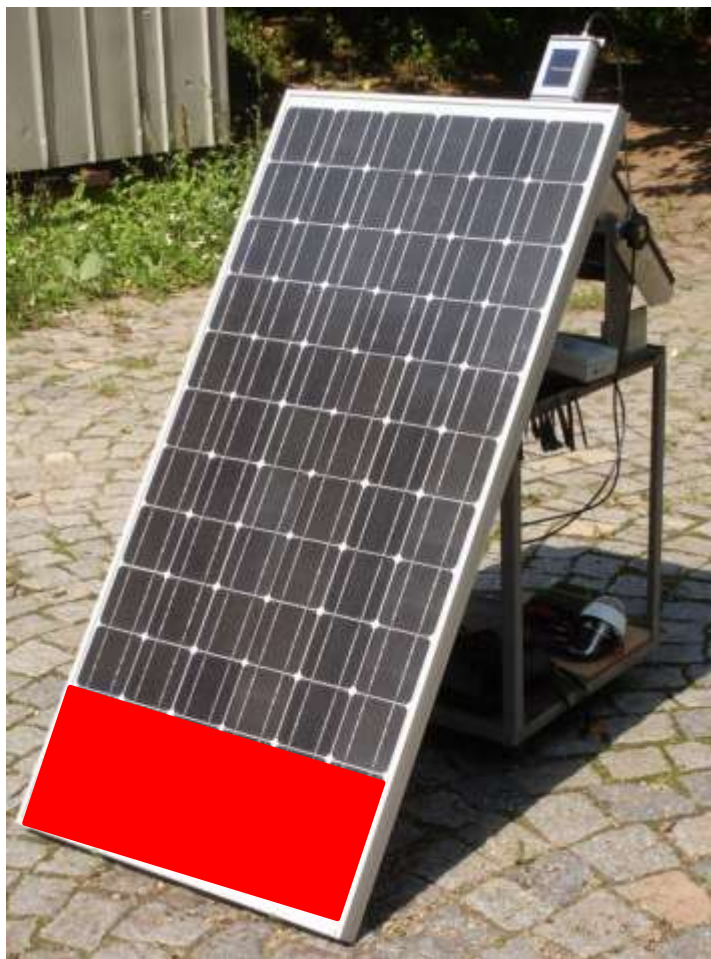
15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Výkon c-Si panelů při částečném stínění

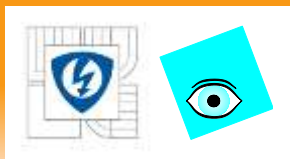


Velikost stínění na článcích	Výkon FV panelu [W]
Bez stínění	100
1/4 článku	82
1/2 článku	63
Celý článek	62
1 svislá řada	60
1 vodorovná řada	23
2 vodorovné řady	18

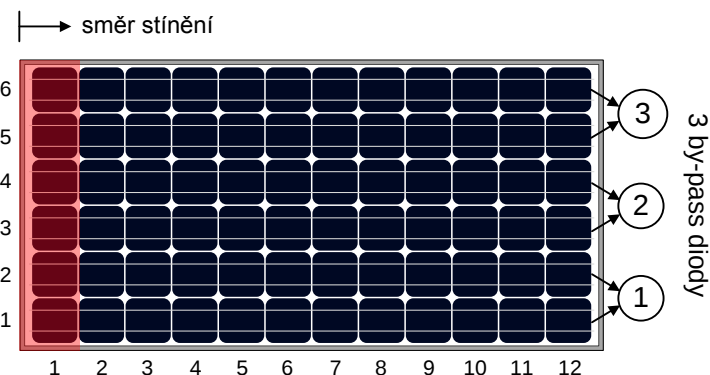
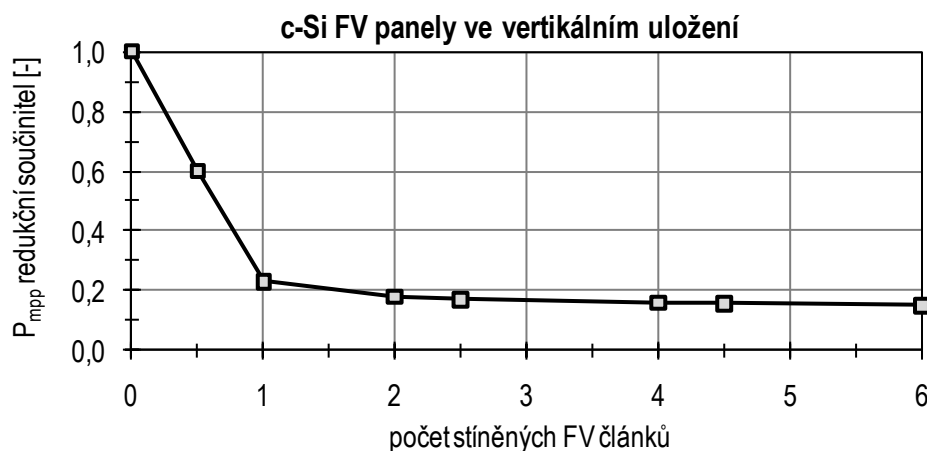
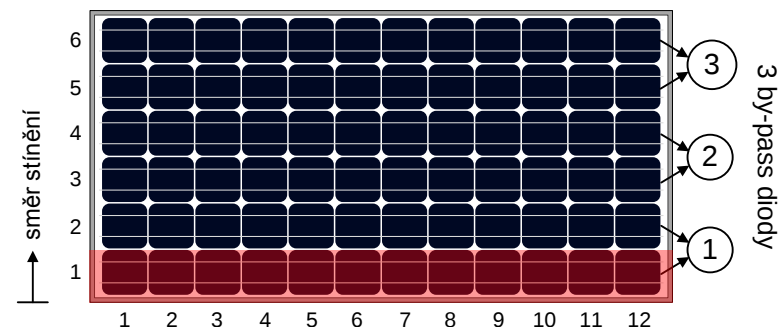
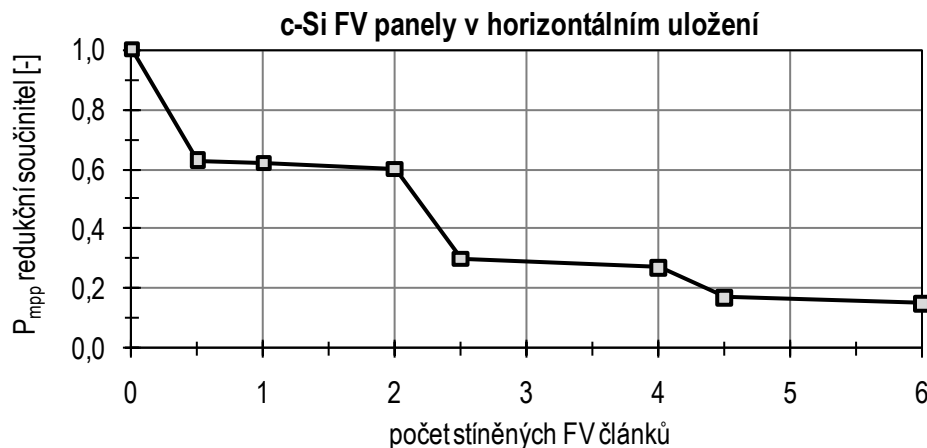
15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Výkon c-Si panelů při částečném stínění

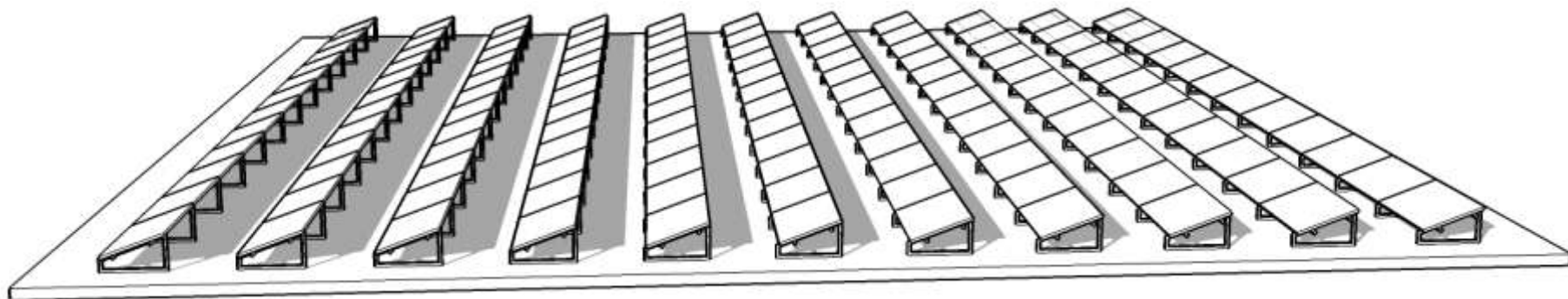




Ploché střechy > Vnitřní stínění

Definice

K vnitřnímu stínění u FV instalací na plochých střechách dochází, stíní-li si navzájem jednotlivé řady panelů.



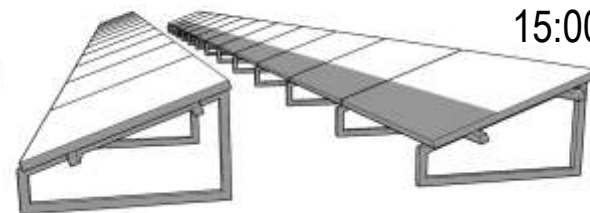
Vnitřní stínění v den zimního slunovratu



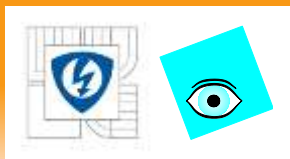
09:00



12:00

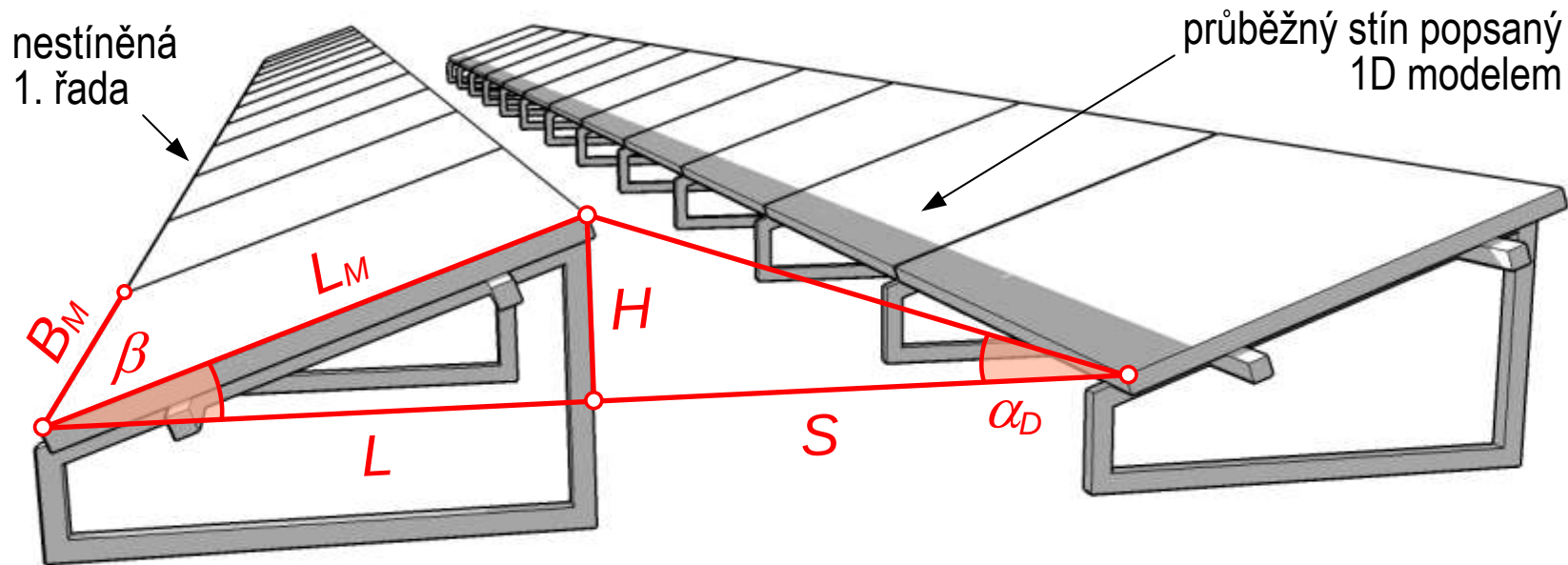


15:00



Ploché střechy > Vnitřní stínění Geometrie

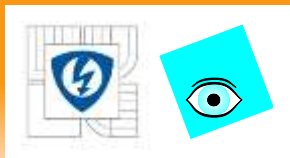
Geometrie FV instalace na ploché střeše



Charakteristický rozměr FV panelu ... L_M [m]

Sklon FV panelu ... β [°]

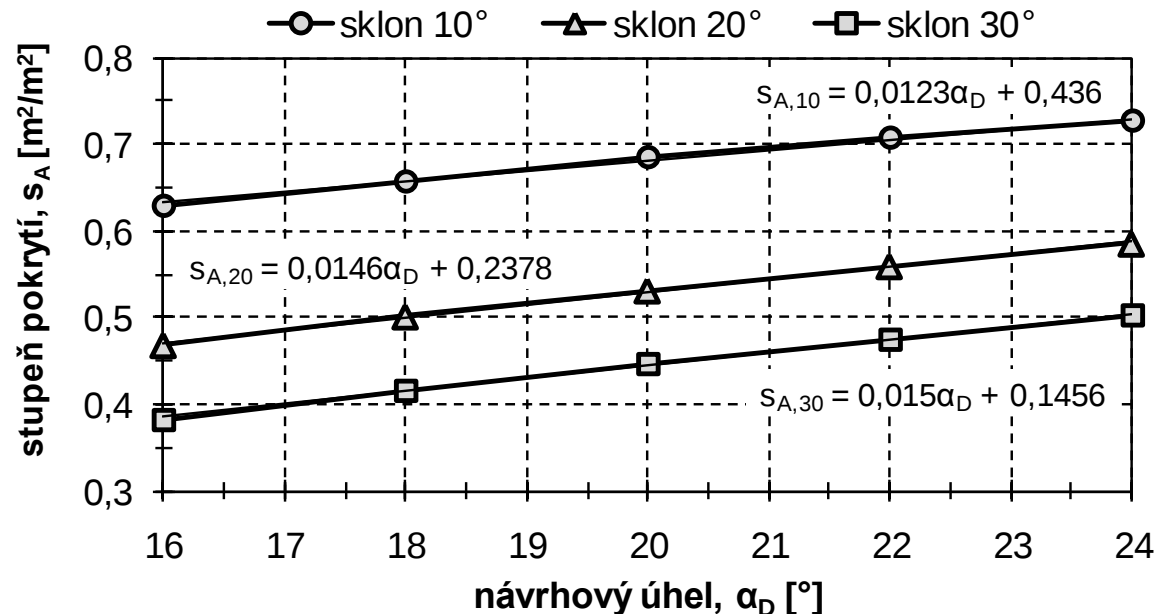
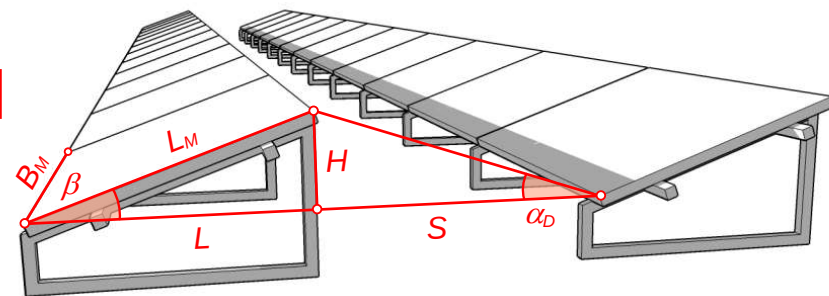
Návrhový úhel... α_D [°]



Ploché střechy > Vnitřní stínění

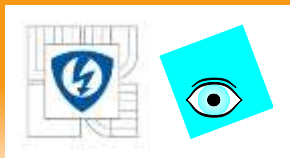
Stupeň pokrytí

Stupeň pokrytí střešní plochy ... s_A [m²/m²]



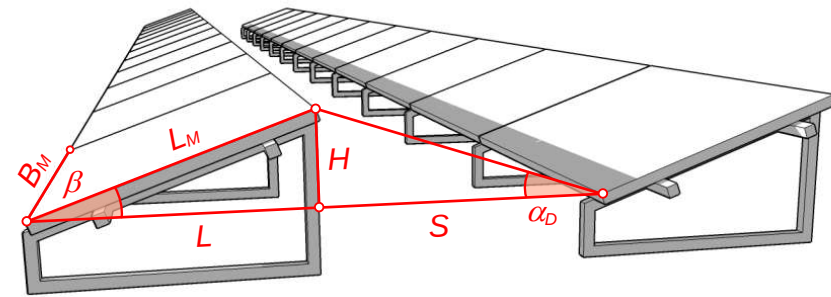
S rostoucím návrhovým úhlem α_D roste pokrytí, ale také ztráty vnitřním stíněním
= kde je optimum?

Návrhový úhel se standardně volí rovný výšce slunce nad obzorem v poledne zimního slunovratu (21. prosinec). Např. pro Prahu (50,1° s. š.) dostaneme $\alpha_D = 16,5^\circ$, pro Brno (49,2° s. š.) $\alpha_D = 17,4^\circ$ apod.

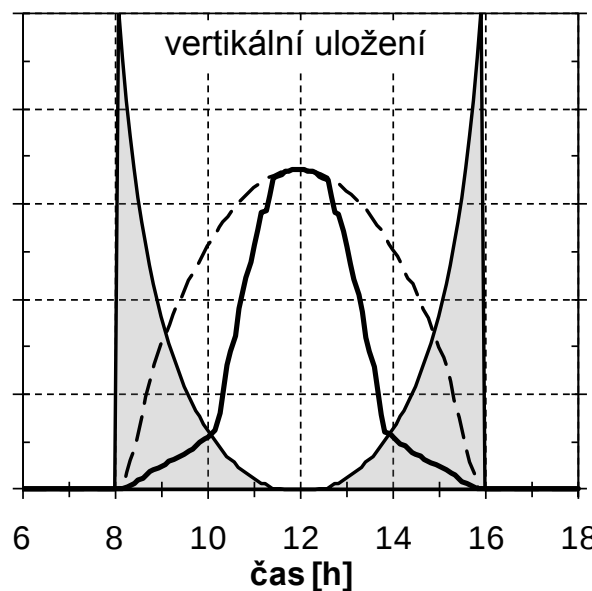
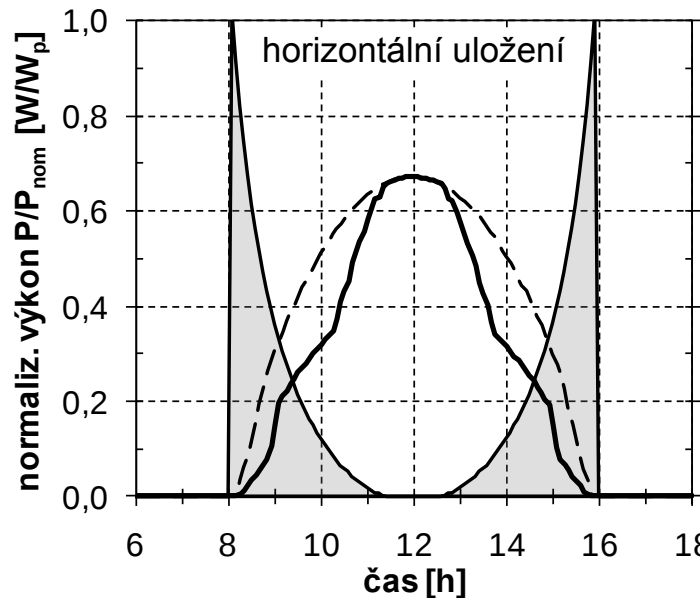


Ploché střechy > Vnitřní stínění

Pokles výkonu v závislosti na uložení panelů



délka stíněné aktivní plochy
 nestíněný norm. výkon
 stíněný norm. výkon



norm. délka stínu L_S/L_M [m/m]

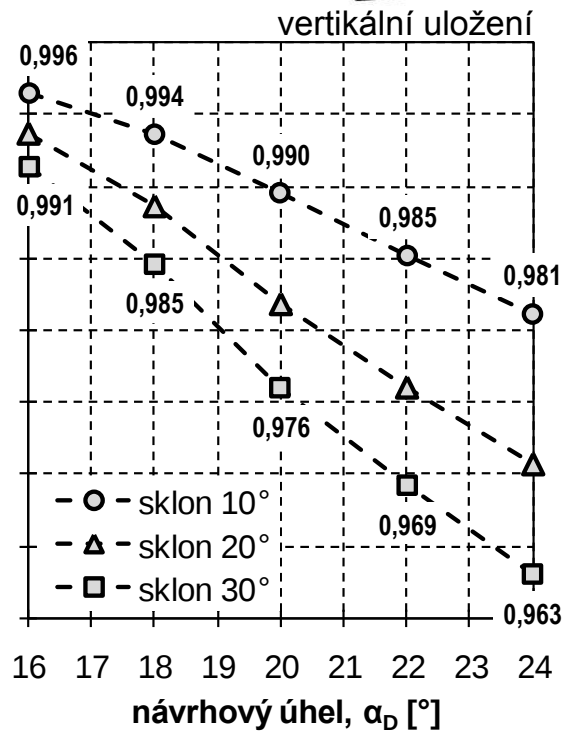
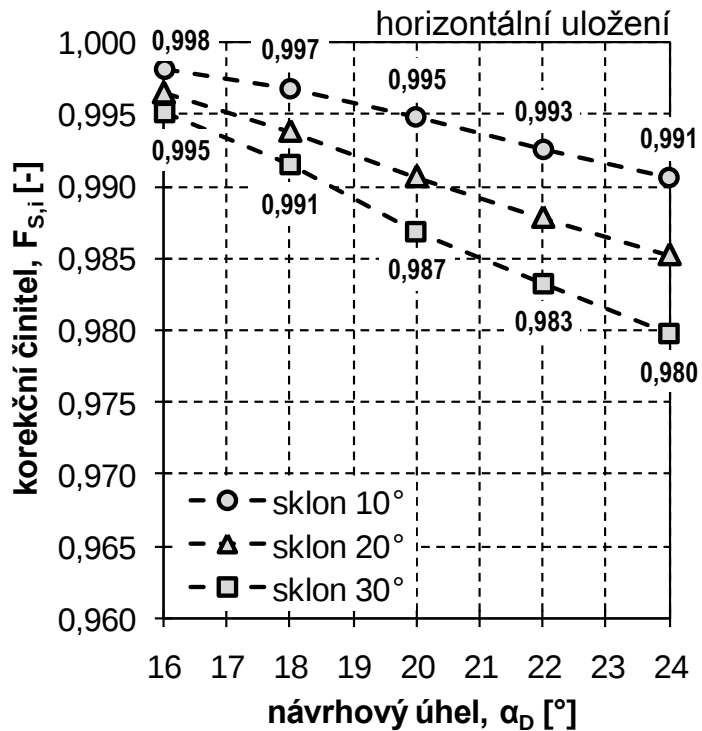
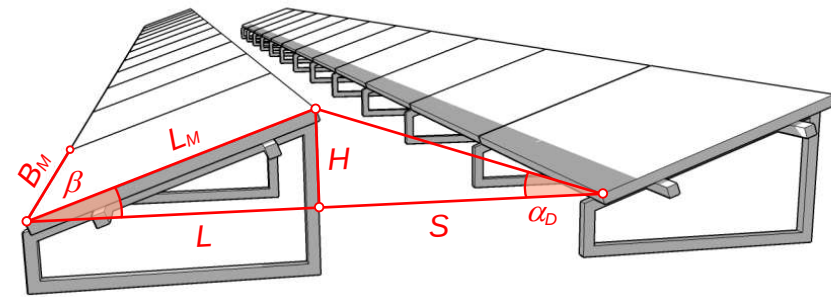
Překlenovací diody při horizontálním uložení zajišťují odstupňovaný pokles výkonu panelu, zde ve třech krocích (3 diody). Při vertikálním uložení již jeden zastíněný článek znamená pokles výkonu na úroveň, která odpovídá jen difuzní složce záření.



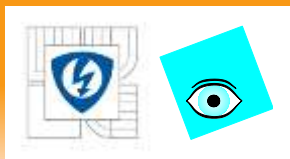
Ploché střechy > Vnitřní stínění

Roční ztráta

Souhrnný vliv vnitřního stínění na roční produkci FV panelů můžeme vyjádřit ve formě korekčního činitele vnitřního stínění, $F_{S,i}$ [-].



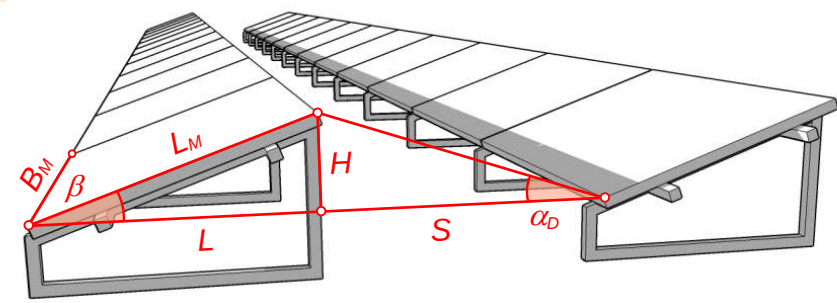
Pokles roční produkce při horizontálním uložení FV panelů je, při stejném návrhovém úhlu a sklonu panelů, přibližně poloviční oproti uložení vertikálnímu



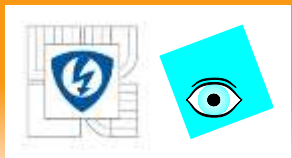
Ploché střechy > Vnitřní stínění

Roční produkce vztažená k ploše střechy

Pokud např. zvolíme limitní ztráty vlivem vnitřního stínění 1 %, tj. $F_{S,i} = 0,99$, obdržíme při 14 % účinnosti článků a výkonovém součiniteli $PR = 0,81$ následující odhad produkce FV instalace na ploché střeše.



sklon, θ	10°	20°	30°
způsob uložení panelů	roční produkce na 1 m ² panelů, e [kWh/(m ² ·a)]		
horizontální / vertikální	120,2	125,3	127,4
	roční produkce na instalovaný kW _p , e [kWh/(kW _p ·a)]		
horizontální / vertikální	859	895	910
	roční produkce na 1 m ² střešní plochy, e_A [kWh/(m ² ·a)]		
horizontální	88,9	66,4	54,8
vertikální	81,7	61,4	49,7



Část 3

FOTOVOLTAIKA PRO ENERGETICKY NULOVÉ DOMY

15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Koncepty energeticky nulových budov

1) Autonomní budova (Zero Energy Building, ZEB)

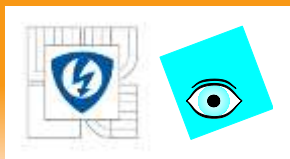
Autonomní budovou je myšlena budova, která není napojena na veřejné energetické sítě. Jedná se o energeticky efektivní budovu, jejíž energetická spotřeba je zcela kryta vlastní energetickou produkcí plně založenou na místně dostupných obnovitelných zdrojích.

2) Bilančně nulová budova (Net Zero Energy Building, nZEB)

Bilančně nulovou budovou je myšlena budova, která je napojena na veřejné energetické sítě. Jedná se o energeticky efektivní budovu, jejíž energetická spotřeba je v roční bilanci vyrovnána vlastní energetickou produkcí z obnovitelných zdrojů, přičemž její část je dodávána do veřejných energetických sítí. V době, kdy vlastní zdroje nestačují, je energie z veřejných sítí naopak odebírána. Množství takto obousměrně přenášené energie jsou v roční bilanci vyrovnané.

3) Bilančně nulový soubor budov (Net Zero Energy Cluster, nZEC)

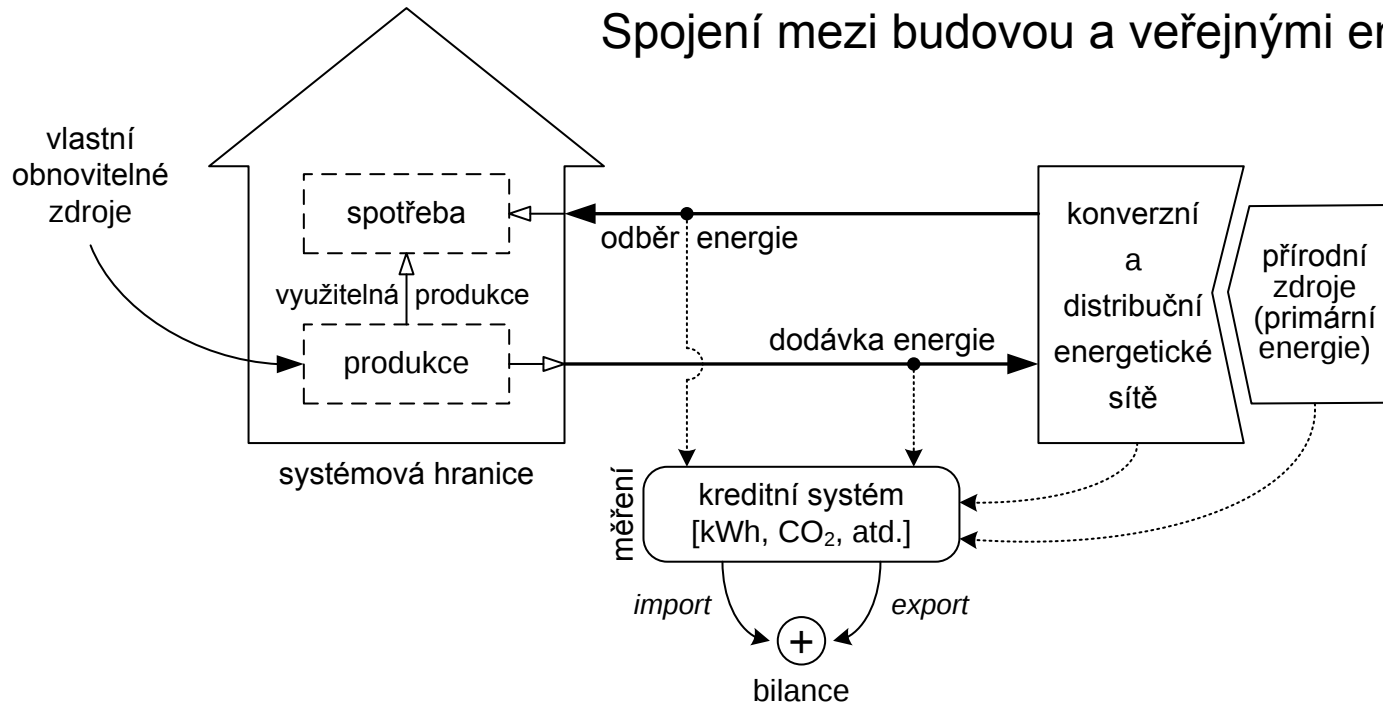
Bilančně nulový soubor budov je takový soubor, který je vybaven jednotnou místní energetickou infrastrukturou a naplňuje definici nulové roční bilance jako celek, nikoli na úrovni jednotlivých budov. Tento soubor využívá ekonomičnosti plynoucí z většího rozměru i časové vyrovnávání spotřeby a produkce jednotlivých budov a dalších prvků souboru.



Bilančně nulová budova

Net ZEB (Net Zero Energy Building)

Spojení mezi budovou a veřejnými energetickými sítěmi.



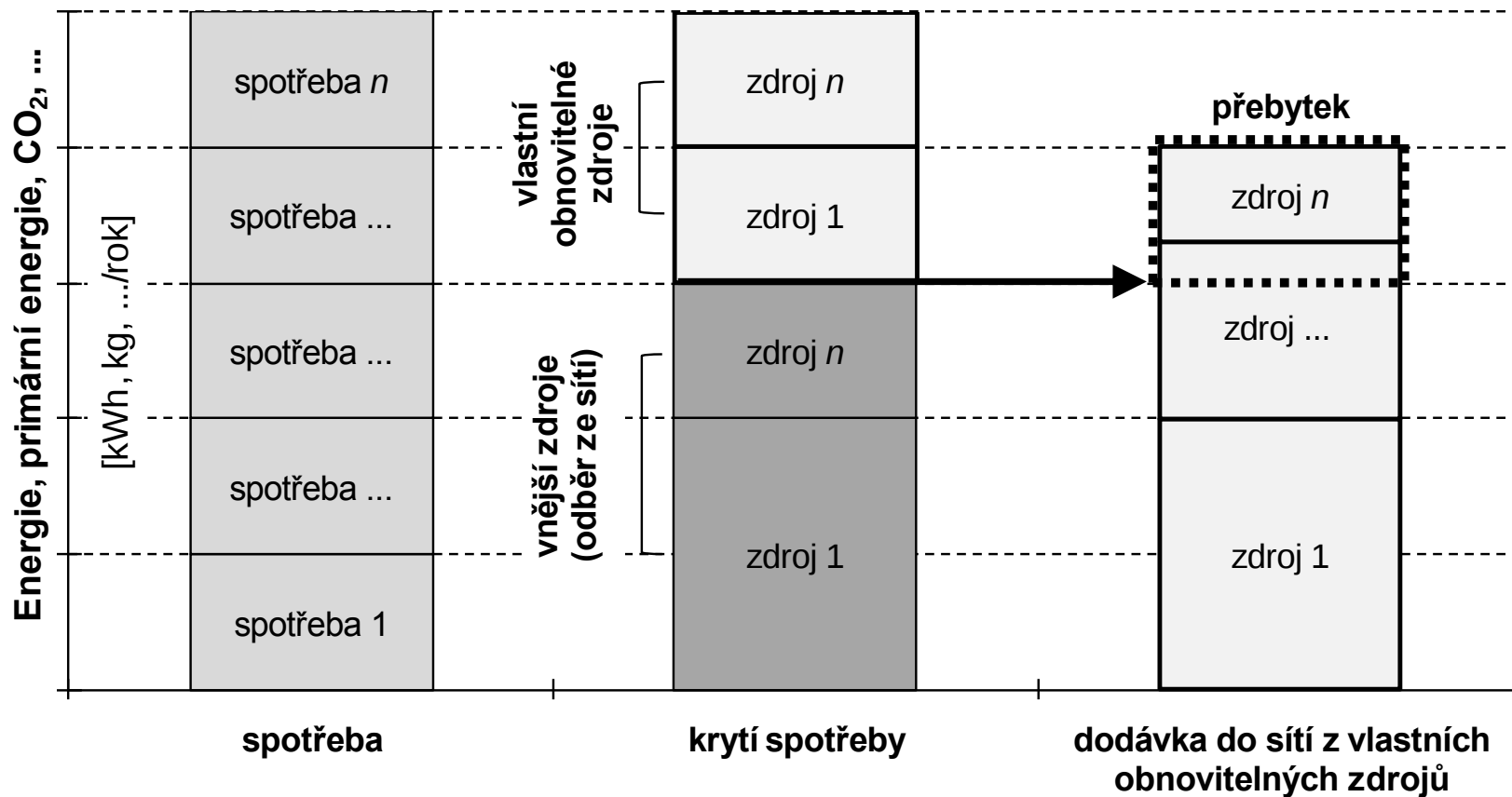
Energeticky nulová budova v roční bilanci:

$$\text{balance} \Big|_{\text{systémová hranice}} = \text{dodávka} - \text{odběr} \geq 0 \quad [\text{kredity/rok}]$$



Bilančně nulová budova

Net ZEB (Net Zero Energy Building)





Bilančně nulová budova > Příklad Koberovy

- kompaktní tvar, obnovitelné materiály
- dobře izolované, kvalitní okna
- vzduchotěsné
- nucené větrání s rekuperací
- zemní výměníky, pasivní solární zisky
- teplovodní kolektory, akumulční zásobník
- krbová kamna na dřevo



15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Bilančně nulová budova > Příklad Koberovy

Koberovské FV systémy = dva koncepty:

DŮM Č. 6

8,45 kW_p

energeticky nulový dům

vysoká míra stavební
integrace

DŮM Č. 7

1,0 kW_p

energeticky zabezpečený dům

vysoká míra energetické integrace



15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Bilančně nulová budova > Příklad Koberovy

dům č. 6

Základní parametry:

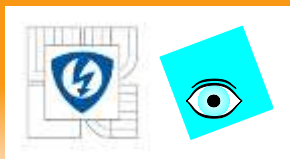
instalovaný jmenovitý DC výkon	8,45 kW_p
výstupní jmenovitý AC výkon	6,9 kW
počet FV panelů	65 ks
celková plocha FV panelů / instalace	60,4 / 62,7 m²
síťové DC/AC měniče napětí	2 ks → připojeno na 2 fáze



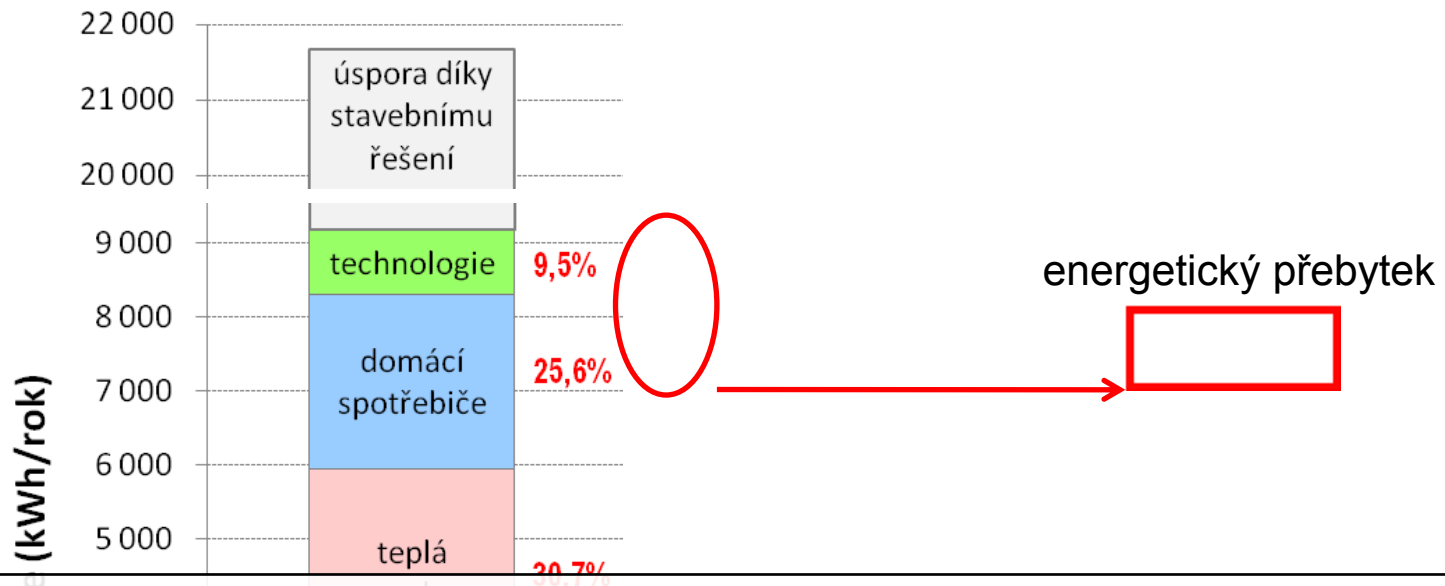
FV systém je v síťovém provozu a FV produkce je dodávána do lokální distribuční soustavy (DS) = „nekonečný“ akumulátor.

Dům je pouze nositelem technologie.

15.4.2011

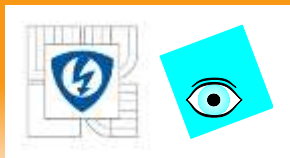


Bilančně nulová budova > Příklad Koberovy dům č. 6



Energetická potřeba a energetická produkce jsou v rovnováze.

Nízká energetická potřeba pasivního domu činí z fotovoltaiky relativně významný zdroj energie.



Kamil Staněk
kamil.stanek@fsv.cvut.cz



15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

