



Konstrukce fotovoltaických modulů

Ing. Pavel Hrzina, Ph.D.



Osnova dnešní přednášky

- Materiály používané pro konstrukci FVP
- Konstrukce c-Si FVP
- Konstrukce tenkovrstvých FVP
- Vnitřní zapojení modulů, funkce by-pass diody
- Spojování FVP do řetězců
- Odolnost FV modulů proti působení vnějších vlivů



Základní materiály používané pro konstrukci

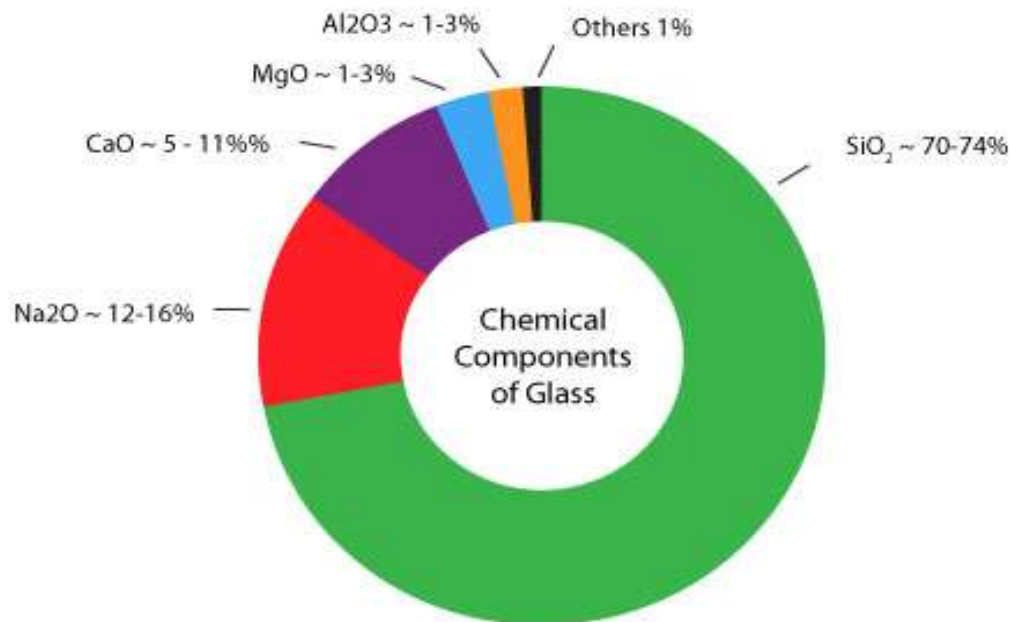
- FVČ – viz předchozí přednáška
- Sklo
- EVA, PVB ...
- Tedlar, Teflon, Kapton
- Hliník
- Další materiály





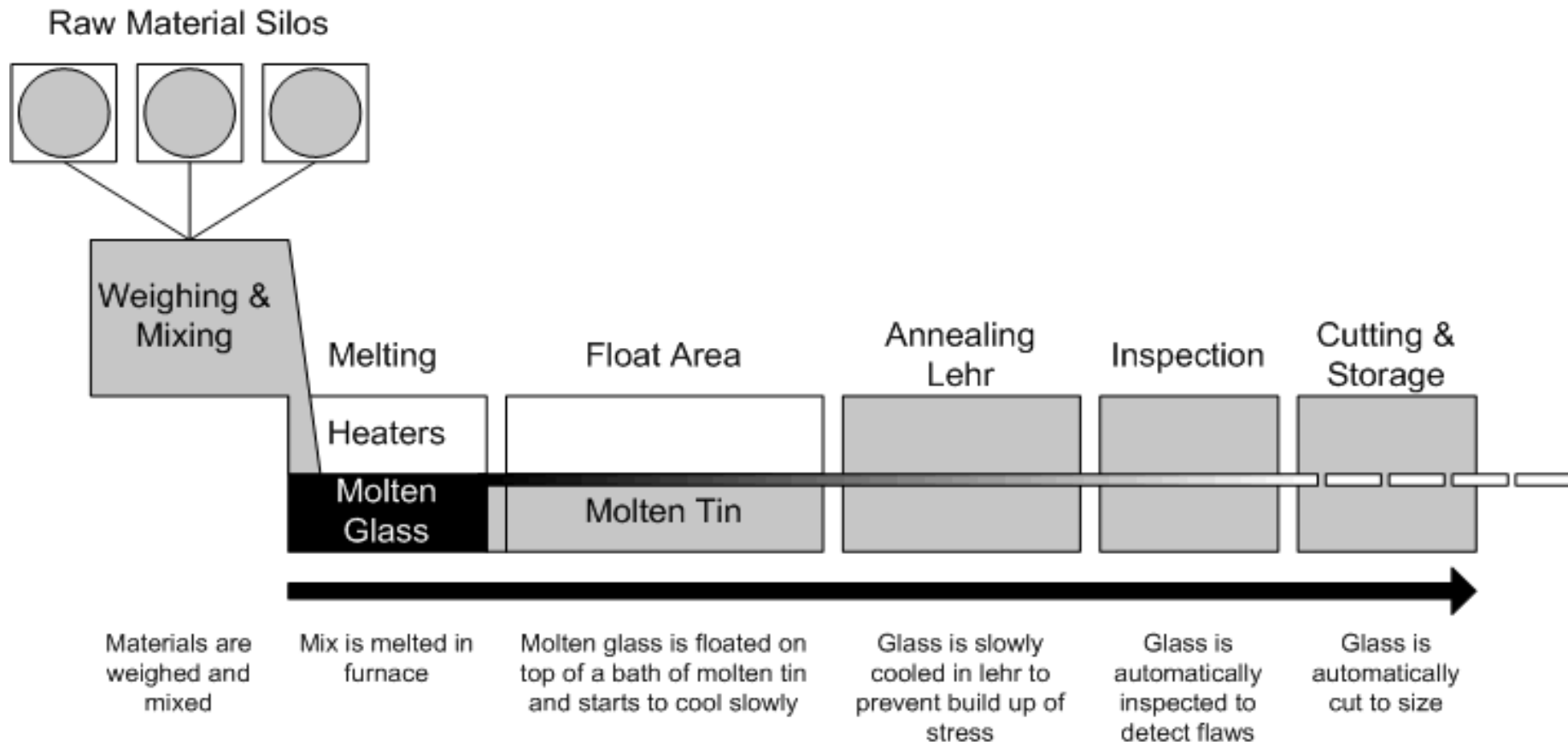
Sklo

- Lepší optické vlastnosti než běžné sklo
 - soda lime glass – běžné sklo
 - sklo s nízkým obsahem železa
 - float glass
 - roled glass



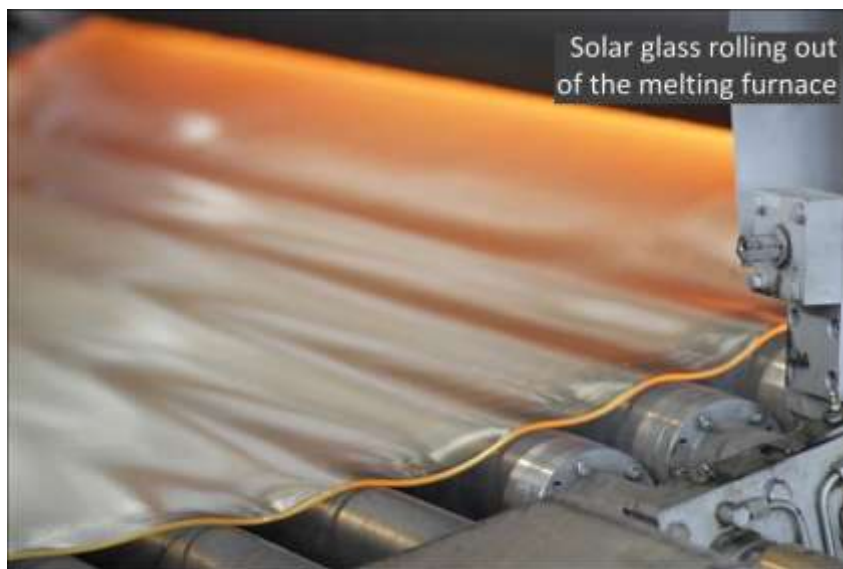


Float glass (plavené sklo)





Roled glass (válcované sklo)





Tempered glass



• Tvrzené sklo

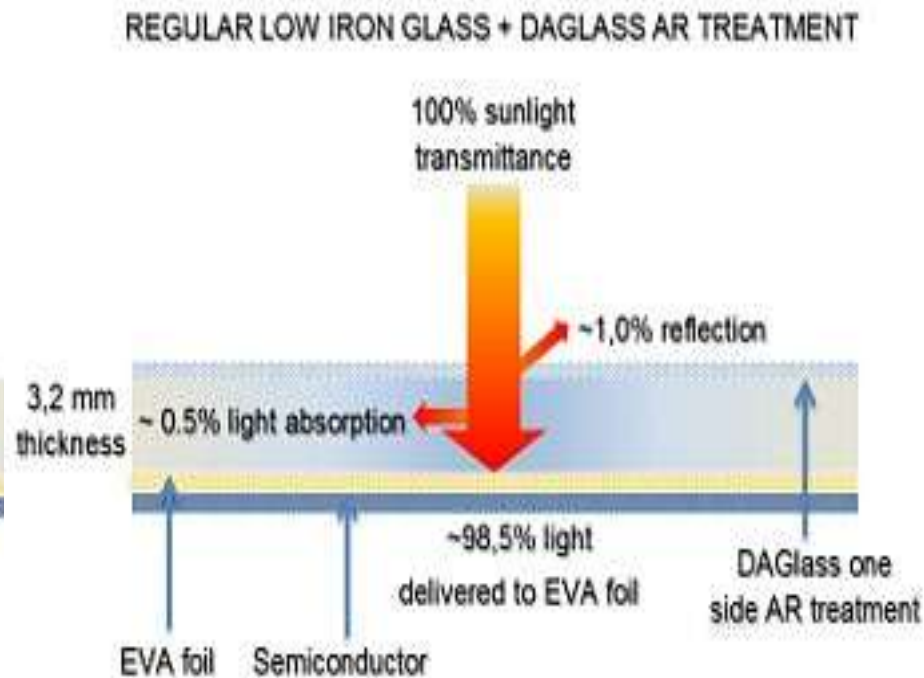
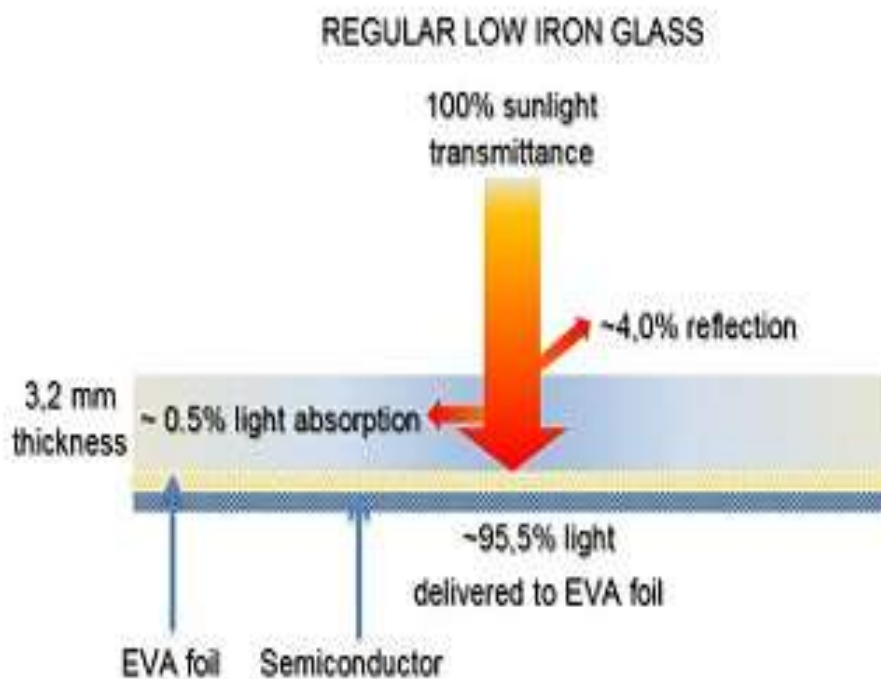
- ohřátí 720 °C
- rychlé ochlazení
- vznik pnutí a vylepšení mechanických parametrů

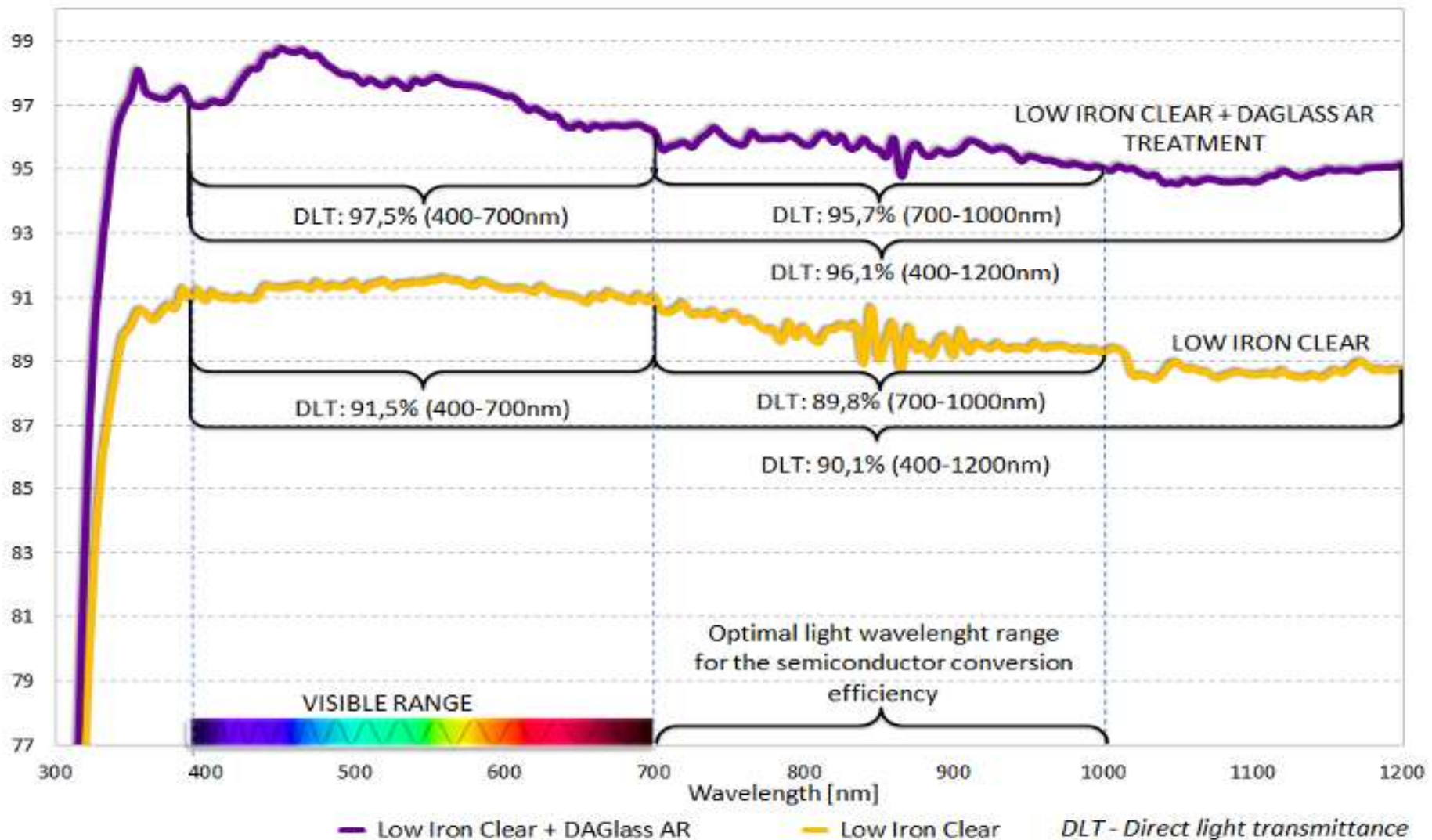
Type	Mechanical Strength
Annealed Glass	45 MPa
Toughened	70 MPa
Tempered	120 MPa



Antireflexní úprava skla

- Přidá cca 2 % výkonu





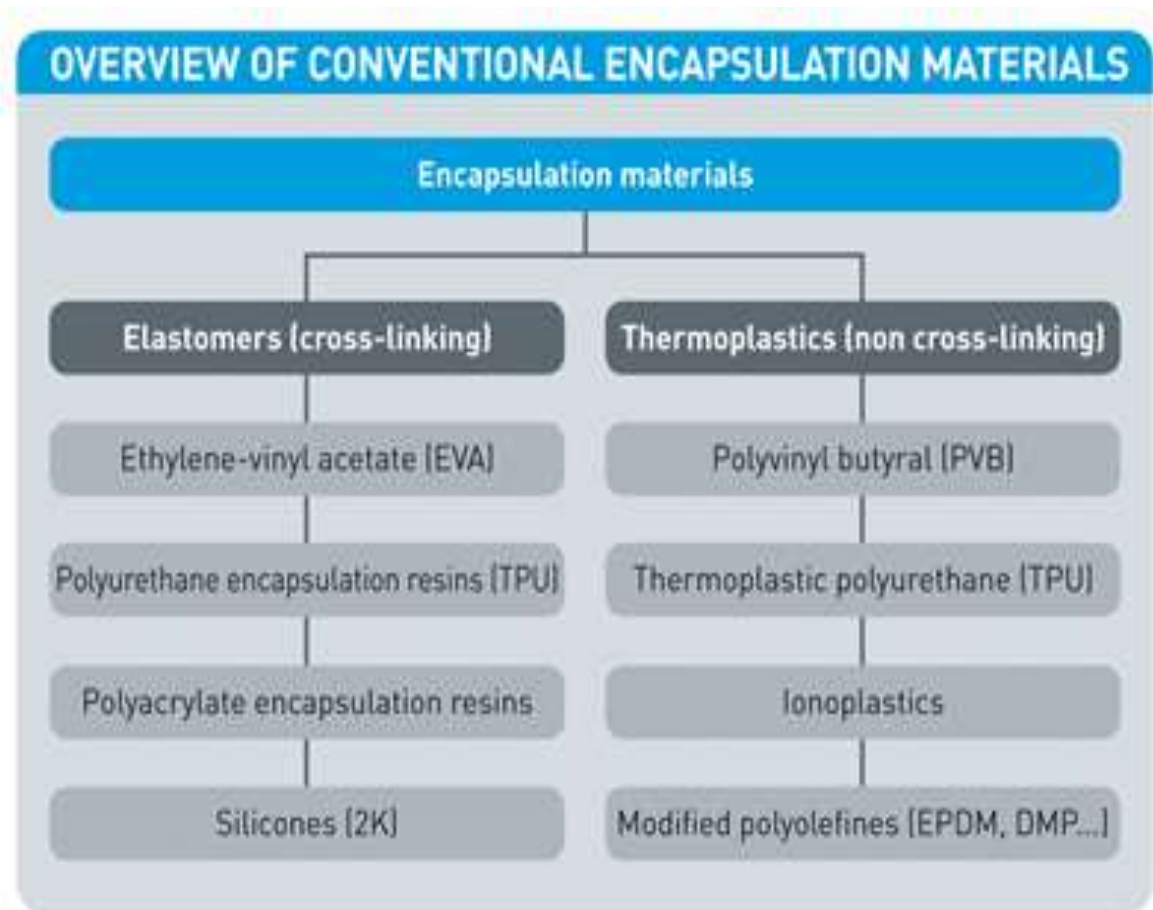


Výběr skla

- c-Si moduly
 - válcované sklo s antireflexním povrchem (top kvalita)
 - ztráty méně jak 6 %
- a-Si moduly, CdTe
 - plavené sklo (nižší cena, moduly s nižší účinností)
 - ztráty méně jak 11 %
- CIS,CIGS
 - plavené sklo, nízký obsah železa, ztráty menší jak 10 %



EVA, PVB ...

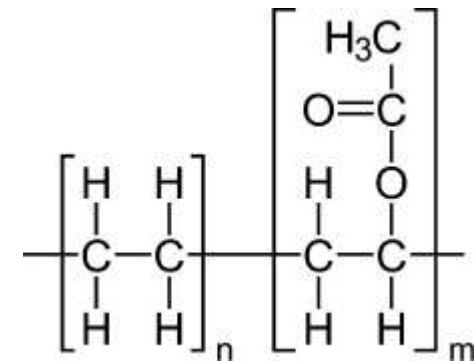


- Elastomer
- Thermoplast



Ethylene-vinyl acetate

- Polymerová folie
- Transparentní
- Teplotní odolnost 85°C



Polymerace

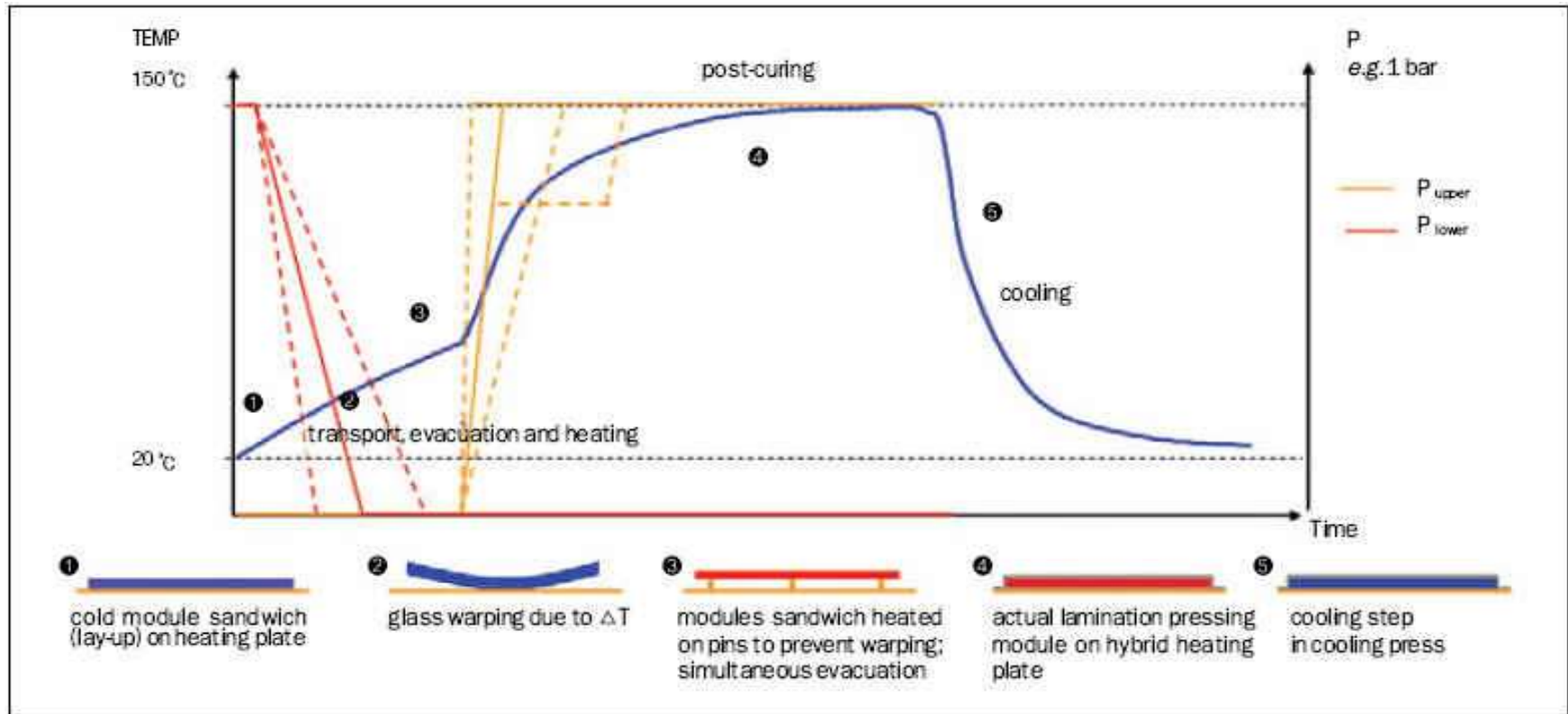
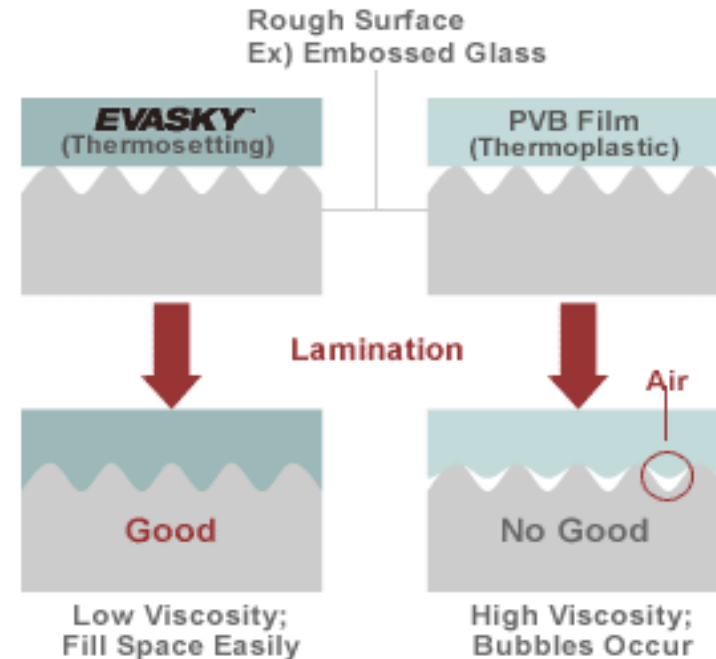
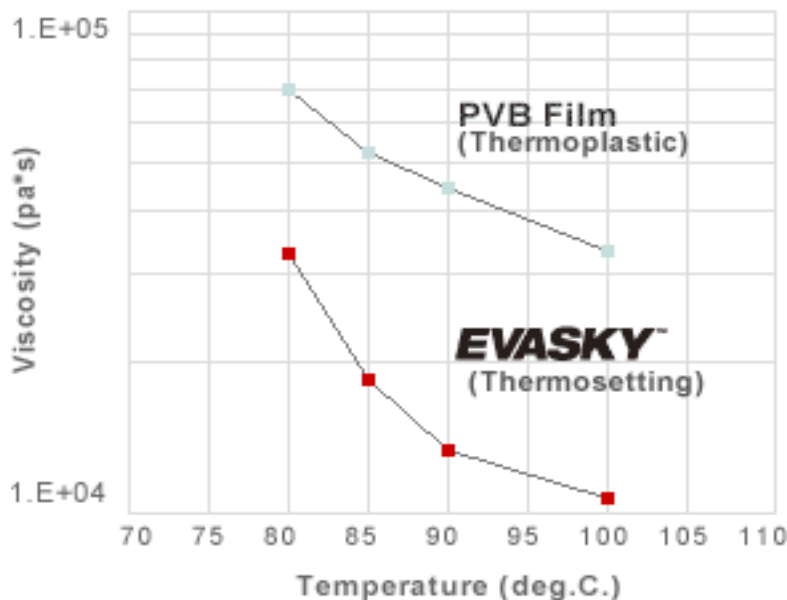
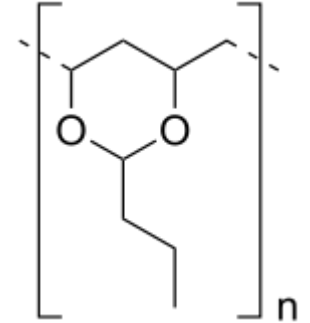


Figure 1. Variation of the temperature and pressure in function of time during a typical lamination cycle of a PV module (schematic presentation) as well as a schematic representation of the module during the lamination process. (Source: 3S Swiss Solar Systems)

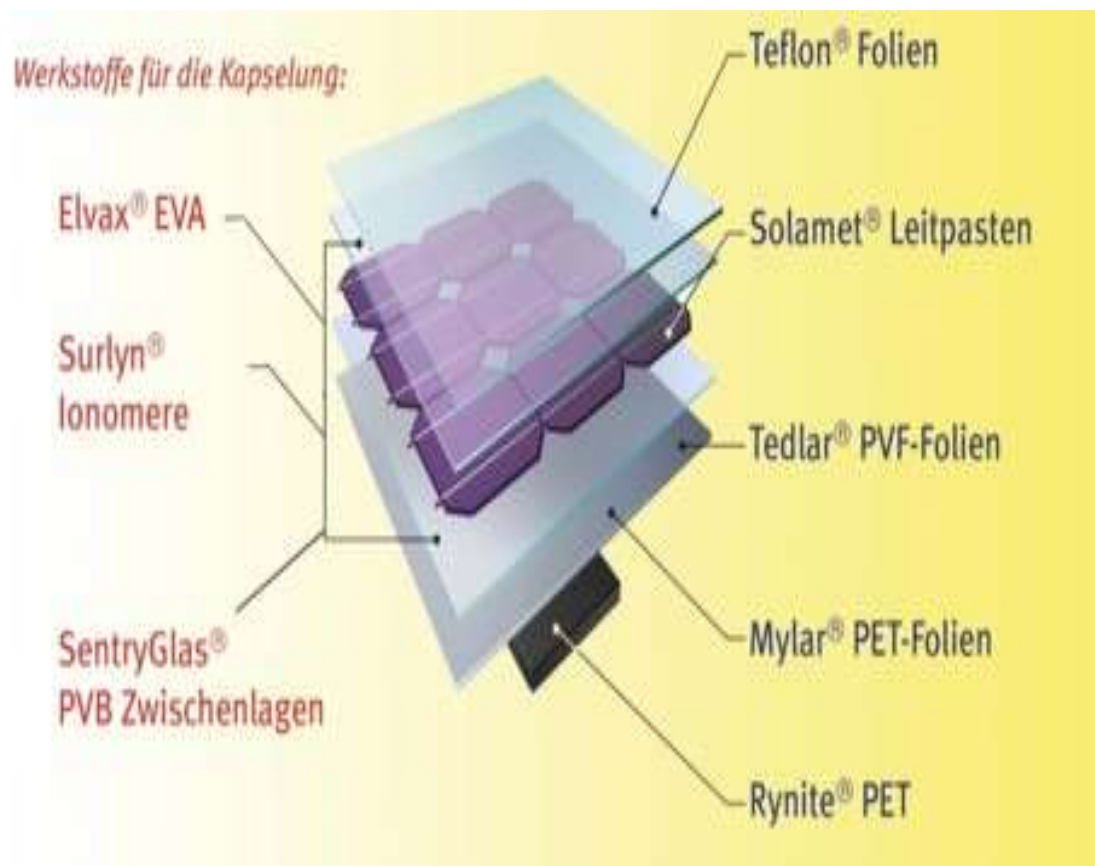
PVB

- Polyvinyl butyral
- Obdobné vlastnosti jako EVA



Tedlar, Teflon, Kapton

- obchodní názvy
- plastová folie používaná na zadní stěnu FVP





Al - profil



型号	型材简图	米重 (kg/m)	型号	型材简图	米重 (kg/m)
HTNO44		0.118	HTNO55		0.684
HTNO45		0.216	HTNO56		0.518
HTNO49		0.545	HTNO68		0.74
HTNO50		0.23	HTNO69		0.552
HTNO51		0.501	HTN101		0.691

江
阴
海
虹
新
能
源
科
技
有
限
公
司



Další materiály

- Silikonové lepidlo

Technical Data Sheet



PV5700 () **Thixotropic adhesive sealant**

Introduction

PV5700 is a specially formulated neutral cure silicone sealant designed for use where low modulus and compatibility with sensitive materials are required. It is described as an Alkoxy 1-part room temperature vulcanising (RTV) silicone sealant. The Alkoxy cure system produces a silicone sealant with excellent adhesion to many common substrates used specifically in the photovoltaic and solar industries

Key Features

- Non corrosive
- Excellent adhesion to many substrates
- Suitable for polycarbonates and sensitive materials
- Non slumping

Use and Cure Information

Typical Applications

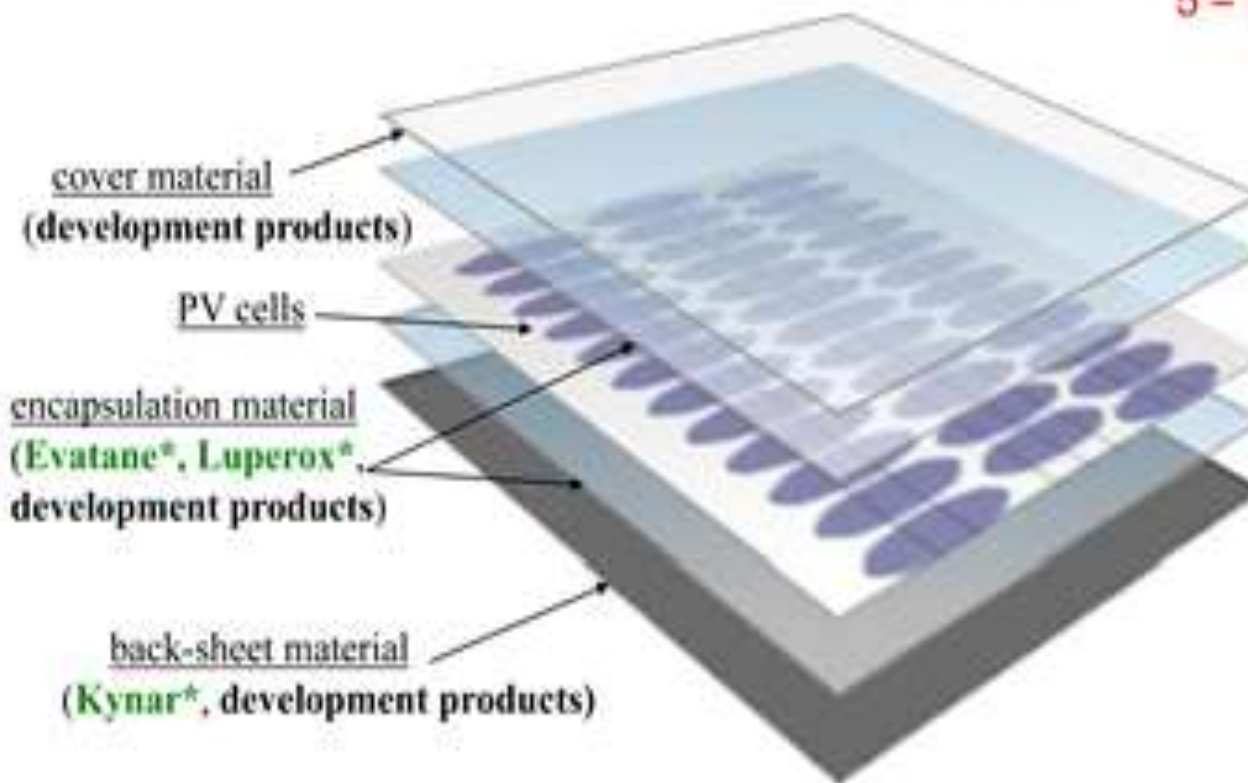
- PV & Solar applications
- Frame sealing
- Control box sealing

Property	Test Method	Value
Uncured Product		
Colour:		White
Appearance:		Thixotropic Paste
Tack Free Time:		15 minutes *
3mm Cure Through:		24 hours *
Extrusion Rate:		151 g / minute
* measured at 23+/-2°C and 65% relative humidity.		
Cured Elastomer		
(after 7 days cure at 23+/-2°C and 65% relative humidity)		
Tensile Strength:	BS903 Part A2	2 MPa
Elongation at Break:	BS903 Part A2	580 %
Youngs Modulus:		0.21 MPa
Hardness:	ASTM D 2240-95	34 ° Shore A
Specific Gravity:	BS 903 Part A1	1.50
Thermal Conductivity:		0.5 W/mK
Coefficient of Thermal Expansion:		
Volumetric		697 ppm / °C
Linear		232 ppm / °C
Min. Service Temperature:		-60 °C
Max. Service Temperature:	AFS 1540B	200 °C

Konstrukce c-Si

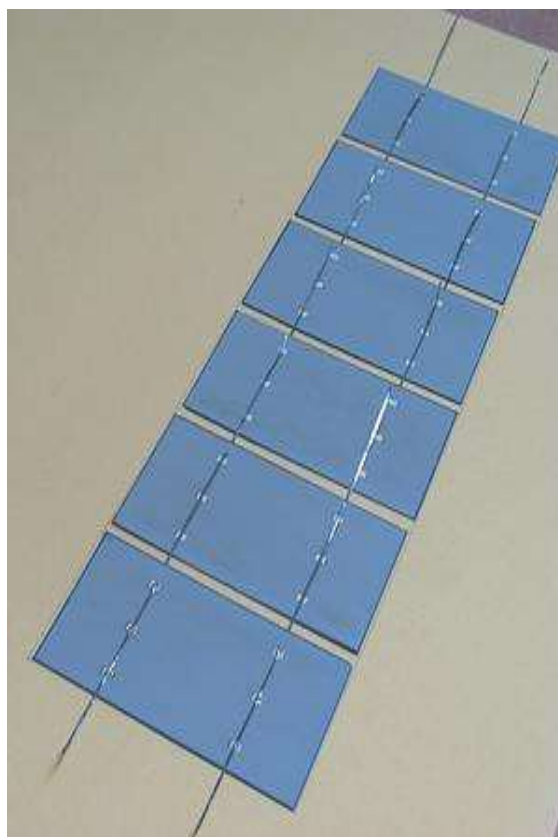
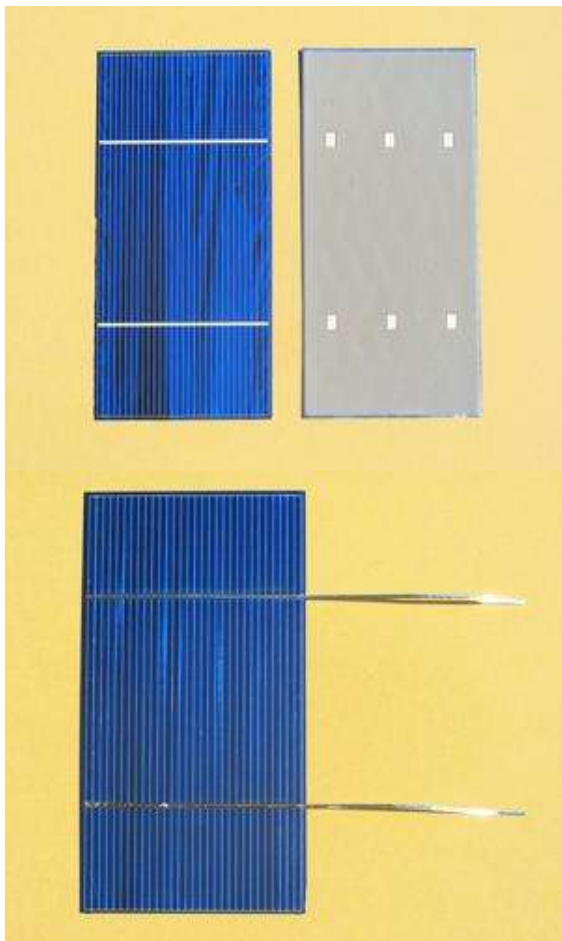
Standard c-Si PV module

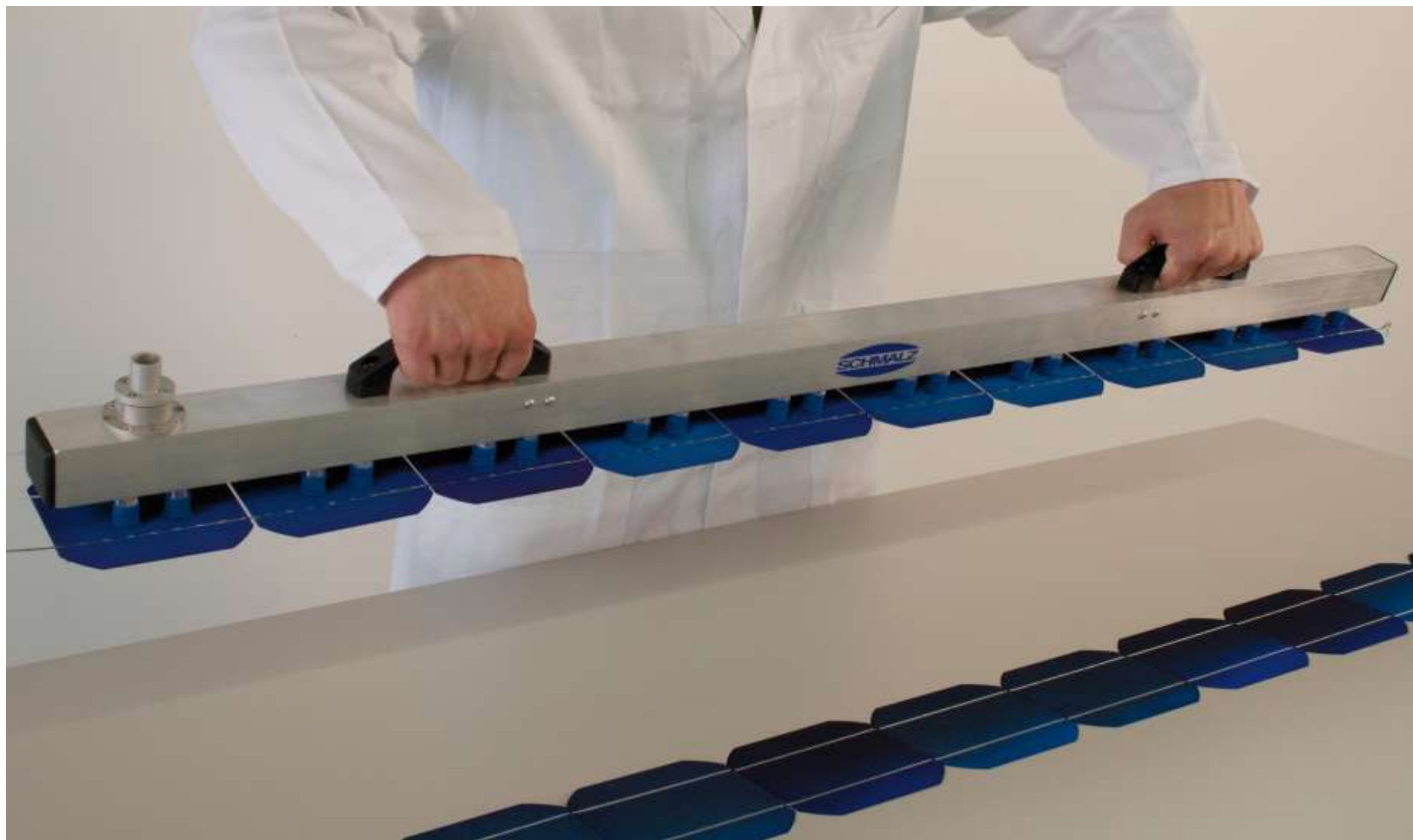
Lamination : 140 – 160°C
5 – 10 min





Výroba subřetězce FV článků







Skládání FV modulu





Laminace

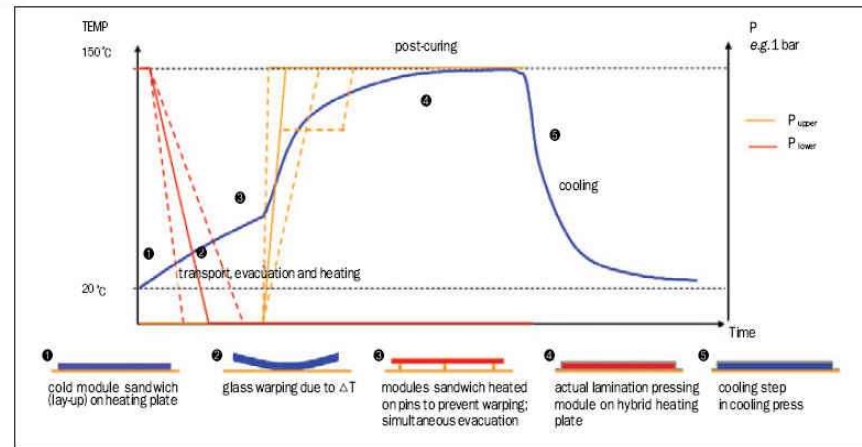
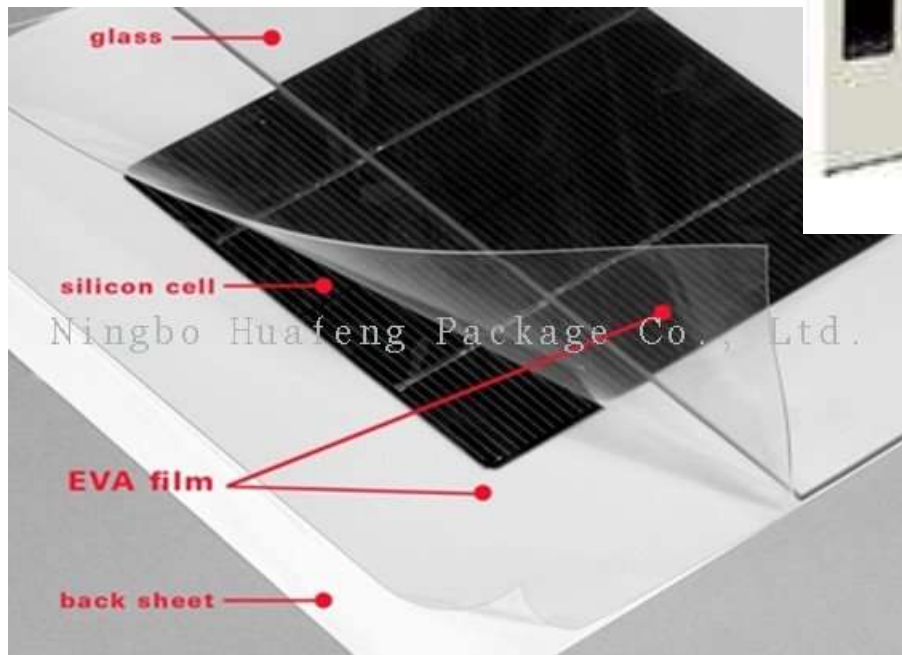
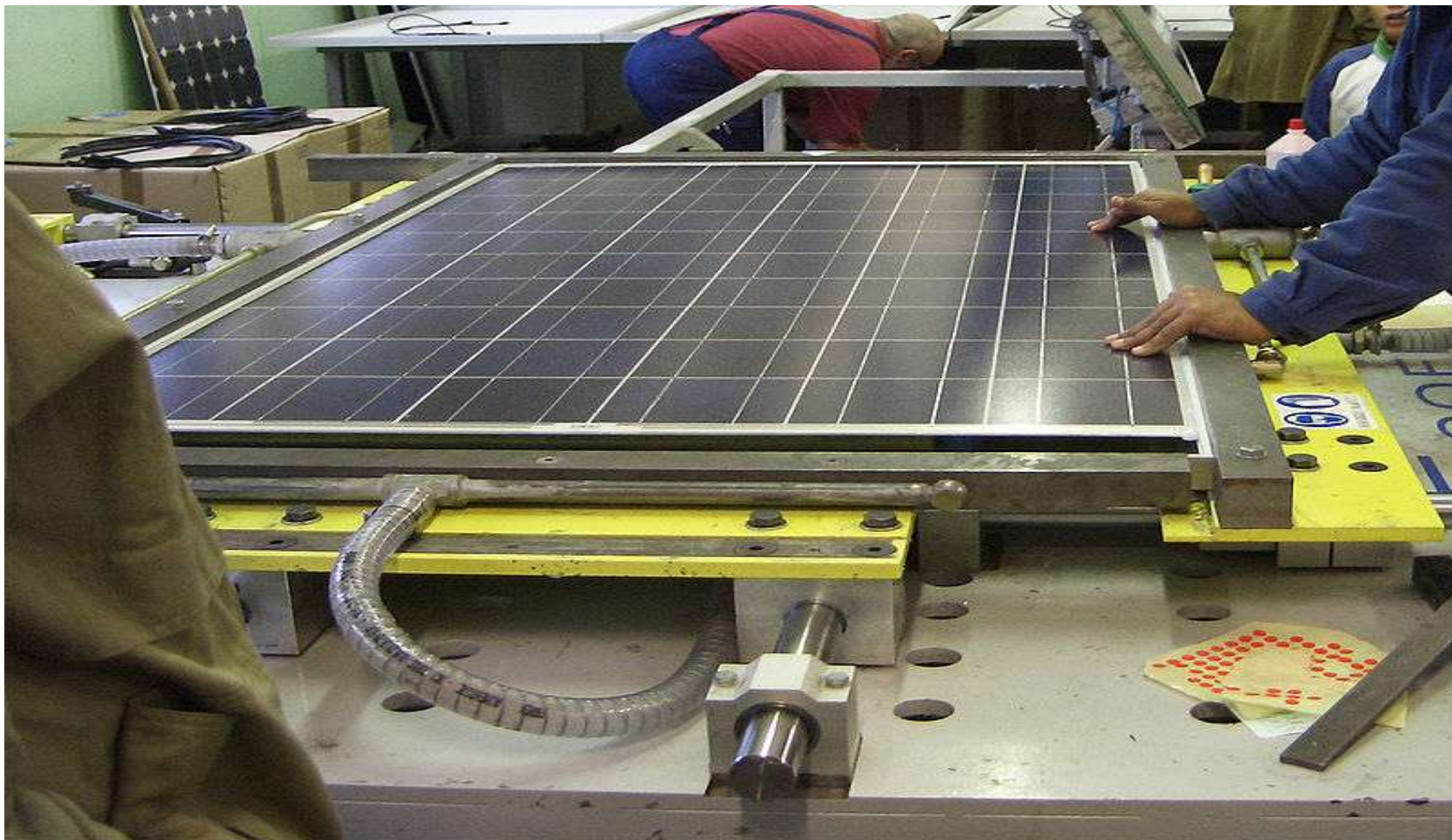


Figure 1. Variation of the temperature and pressure in function of time during a typical lamination cycle of a PV module (schematic presentation) as well as a schematic representation of the module during the lamination process. (Source: 3S Swiss Solar Systems)



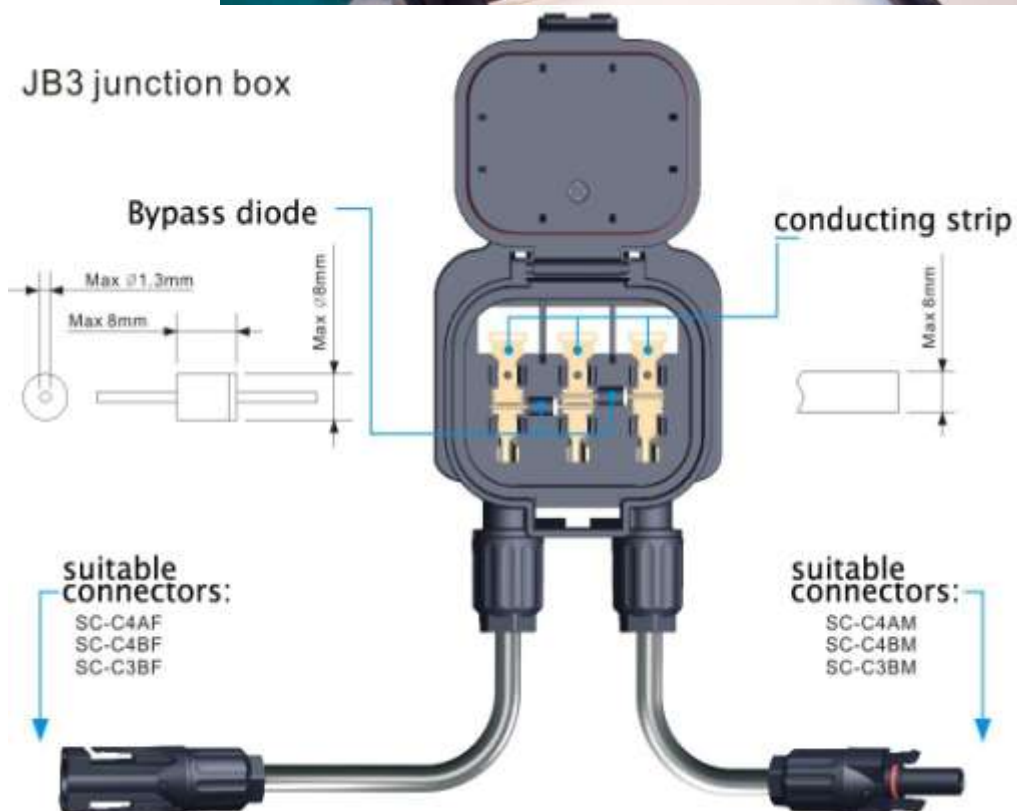
Montáž rámu





Junction Box

- Spolehlivé připojení vývodů FVP
- Místo pro instalaci BY-PASS diod



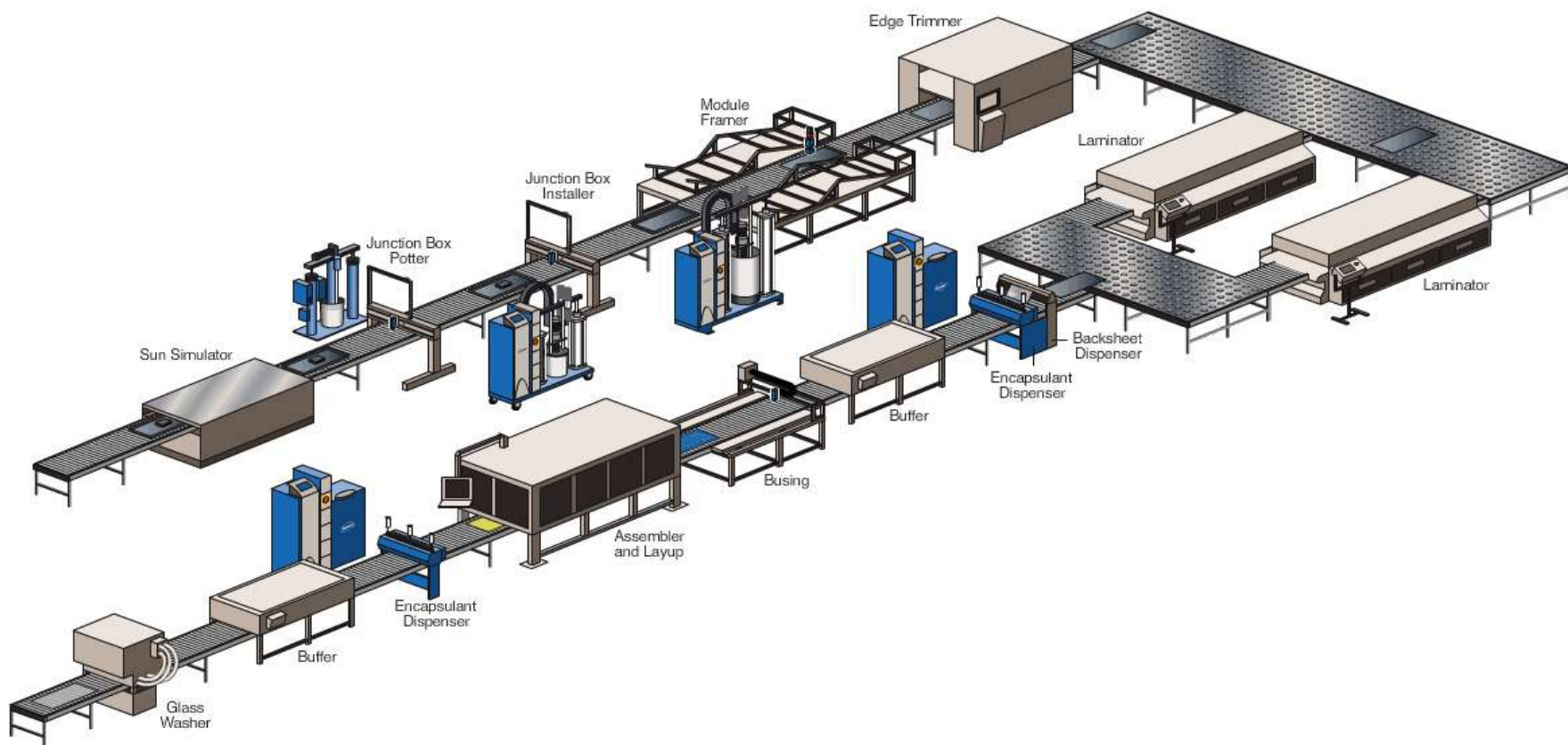


Junction box





Automatizovaná výrobní linka c-Si



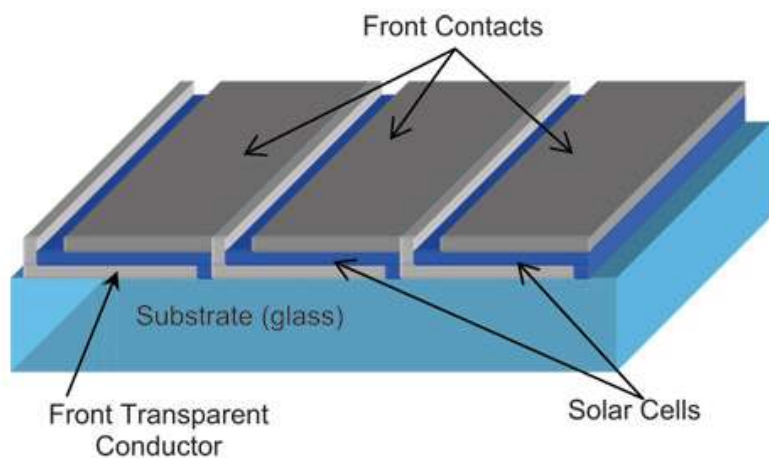


Tenkovrstvé FVP

- Výroba celého modulu najednou
 - všechny články jsou vyráběny v jedné sérii operací
- Často bezrámová konstrukce
 - FVP je složen z dvojice skel (nosné a krycí /zadní)
- Automatizované výrobní linky
 - vyloučení ruční manipulace s články



Struktura tenkovrstvého FVP





Provedení vývodů

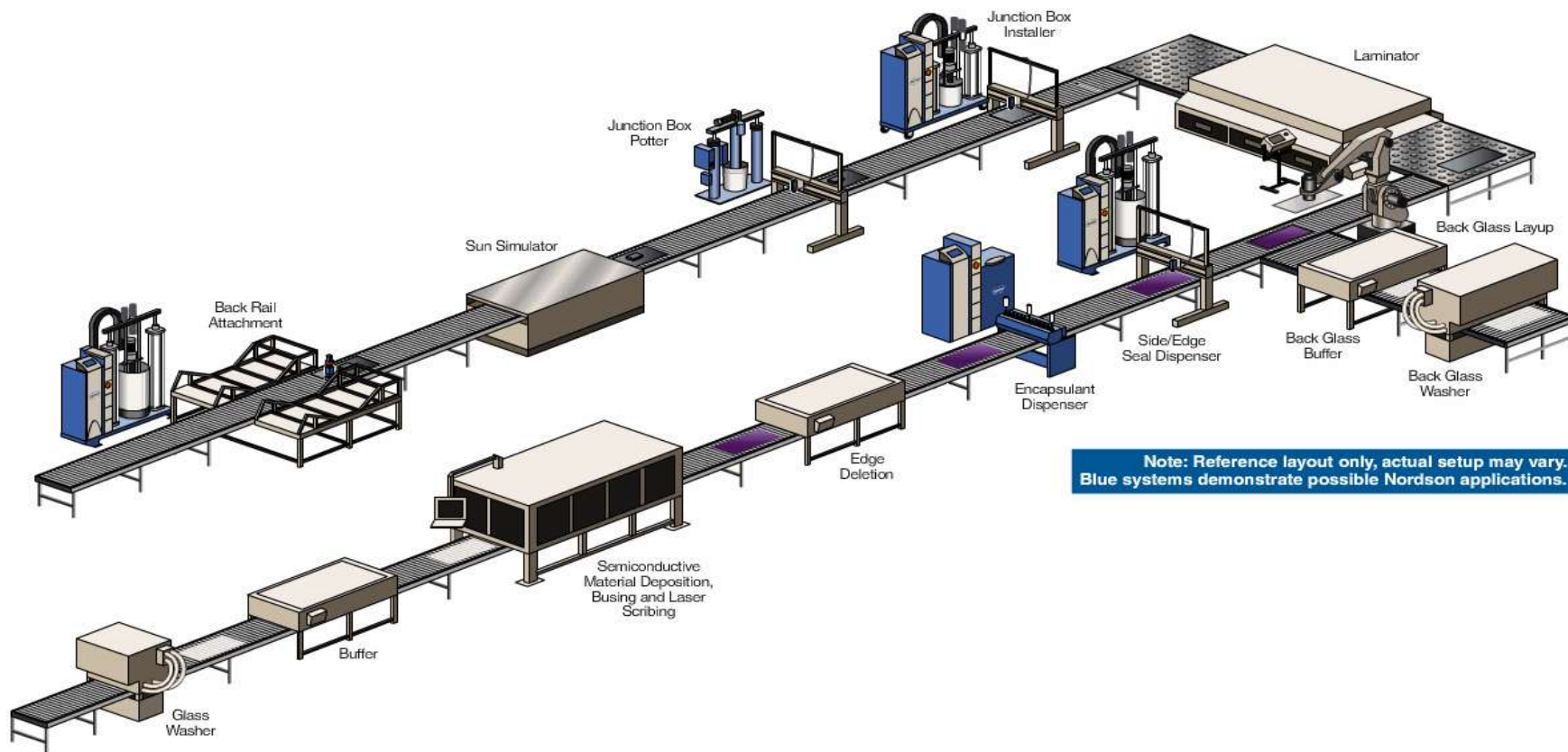


- Kontakt tenká vrstva - sběrnice
- Připevnění junction boxu
- Průchod sklem





Automatizovaná výrobní linka tenkovrstvé FVP





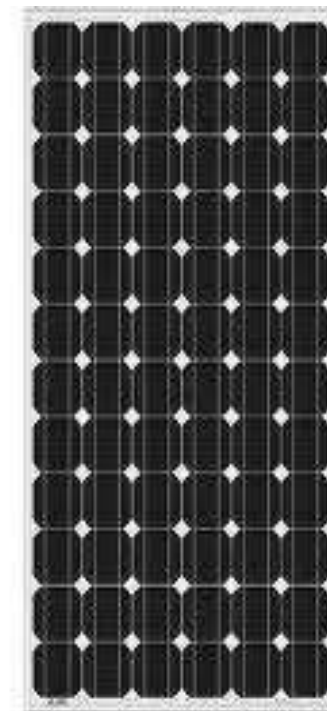
Vnitřní zapojení FVP

- Napětí naprázdno jednoho FV článku asi 0,6 V
- Proud nakrátko u 125 mm x 125 mm c-Si asi 5 A
- $P_z = R I^2$
- Snaha o snížení ztrát → menší proud, větší napětí
- → sériové řazení buněk, obvyklé parametry 40 V / 5A



Běžný c-Si fotovoltaický modul

- 60 článků (6 x 10)
polykrystalický
- 72 článků (6 x 12)
monokrystalický



BY-PASS diody

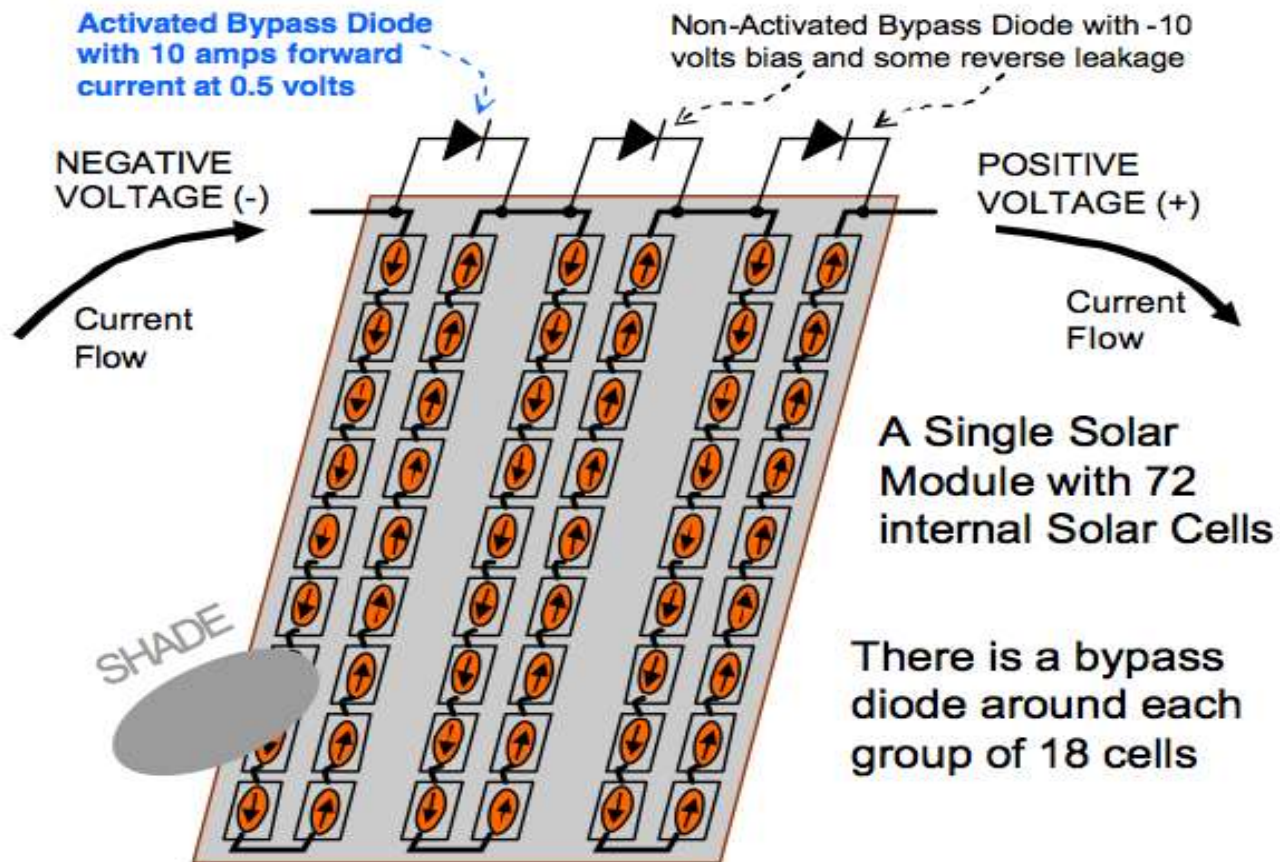
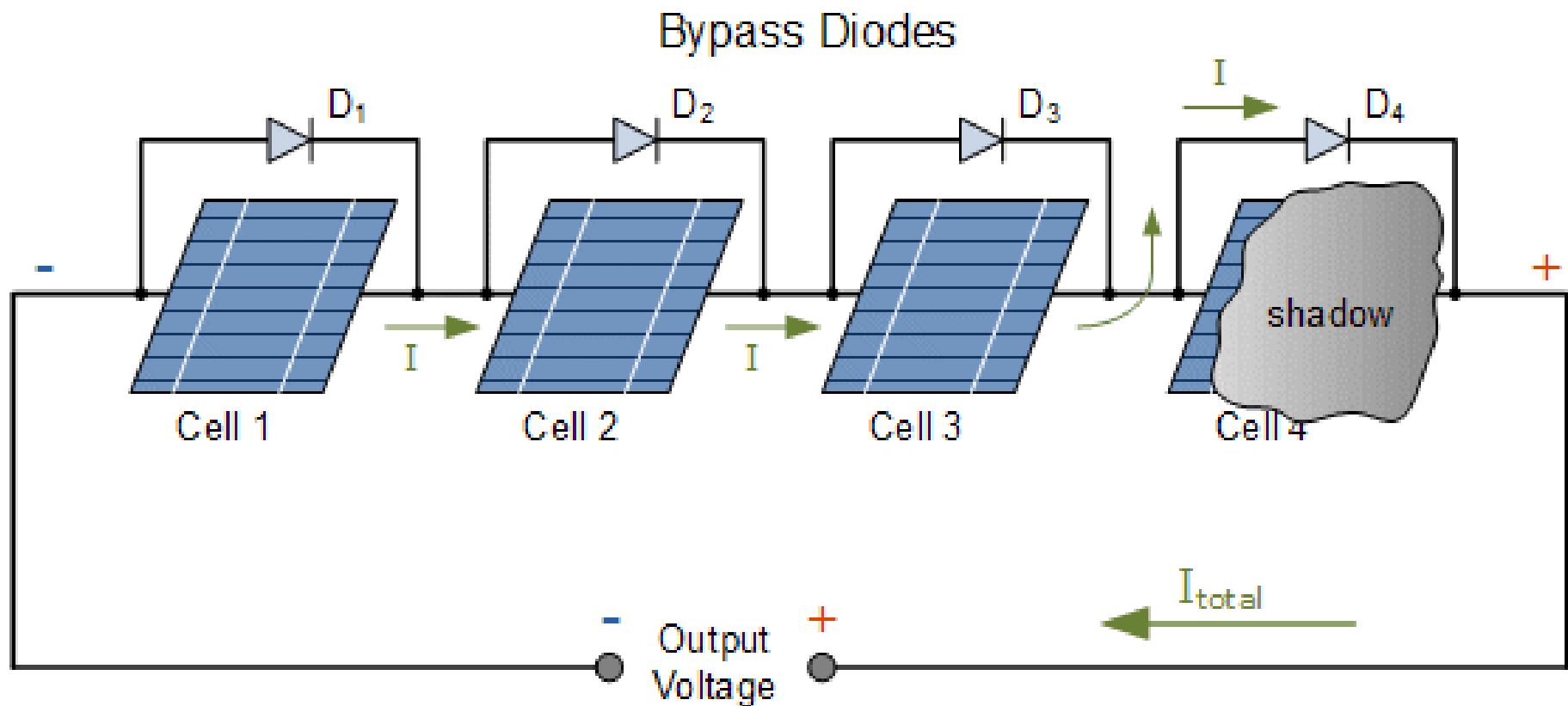


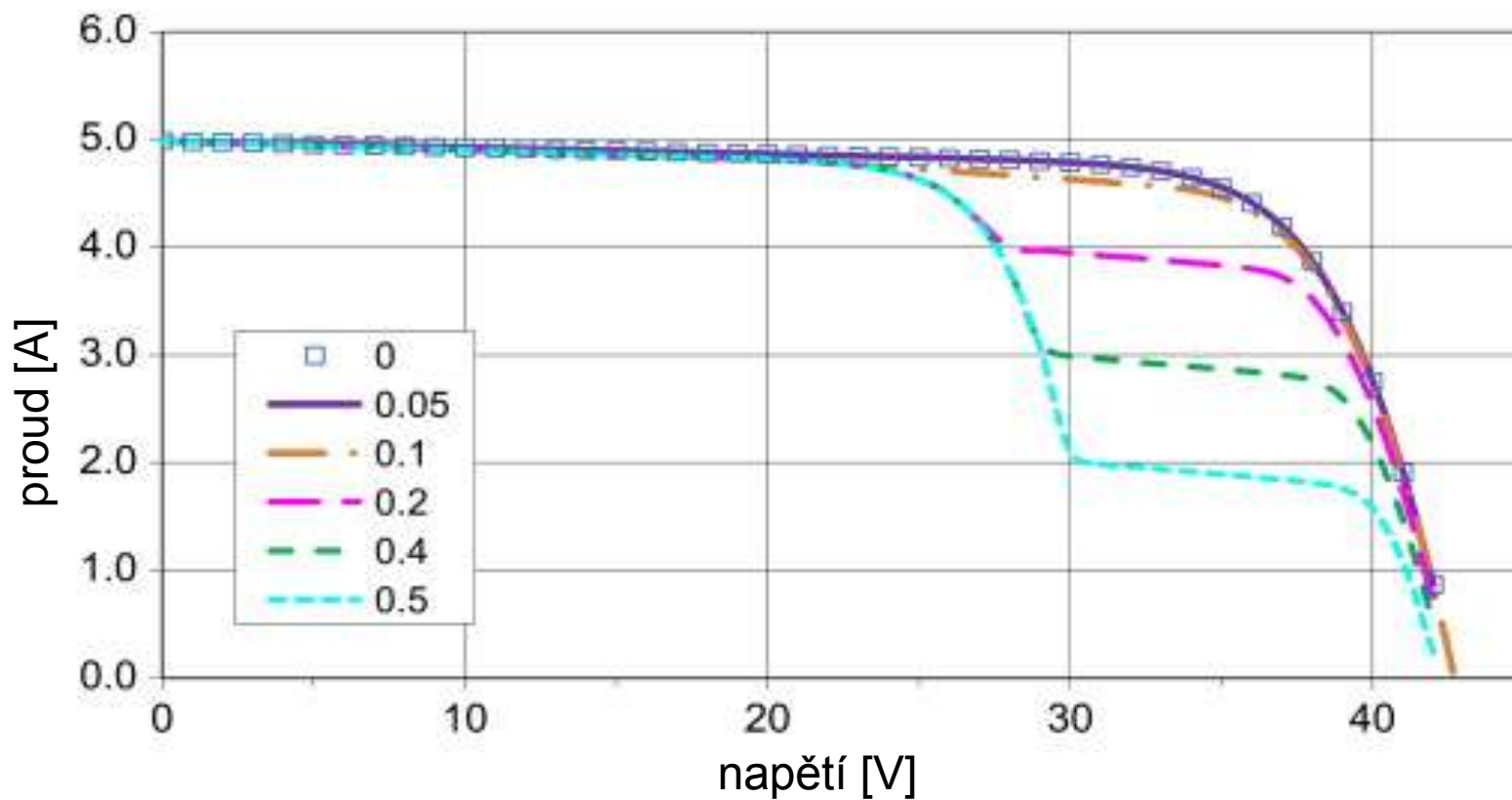
Fig. 2.

Princip činnosti BY-PASS diod



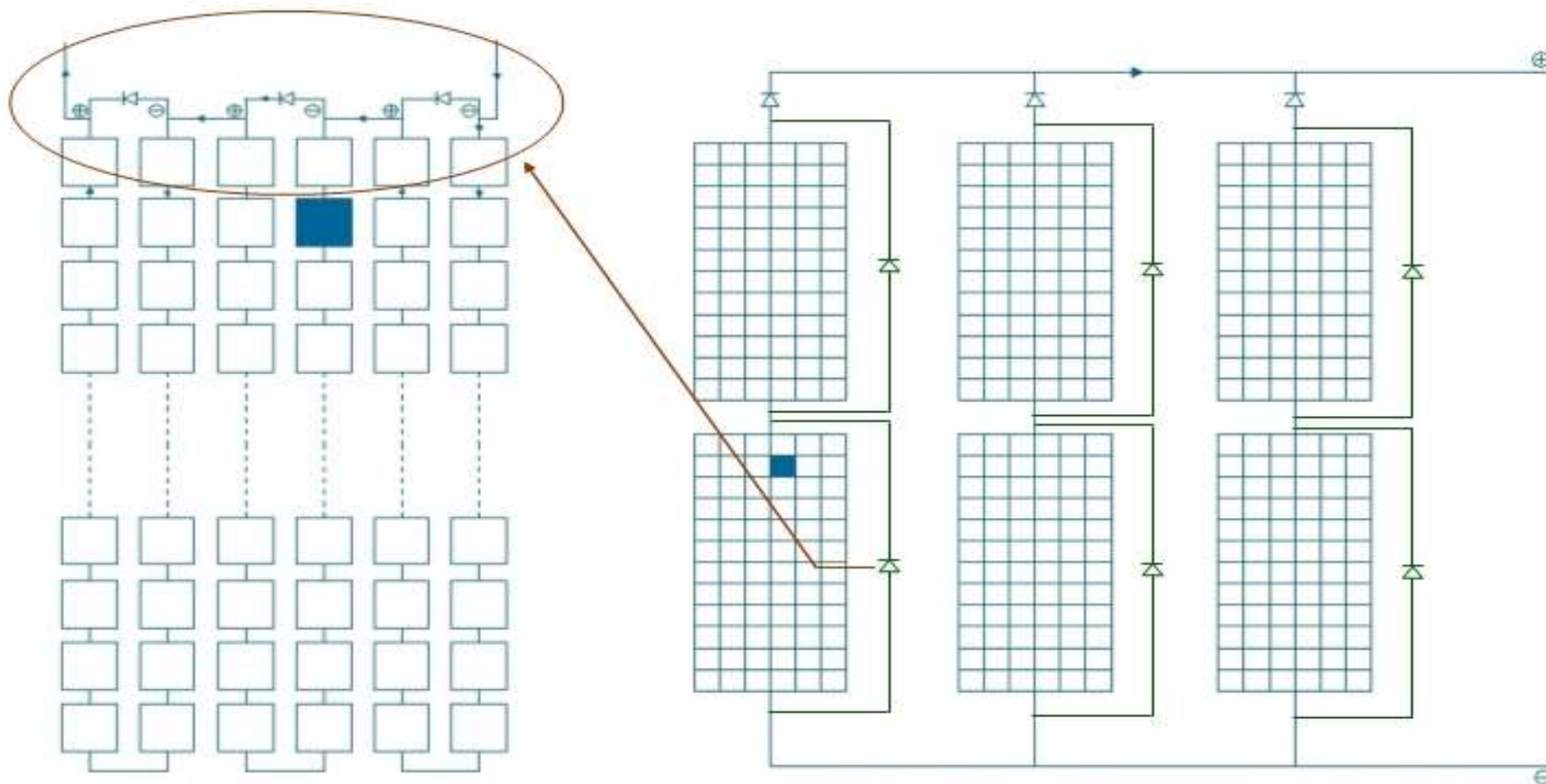


V A charakteristika





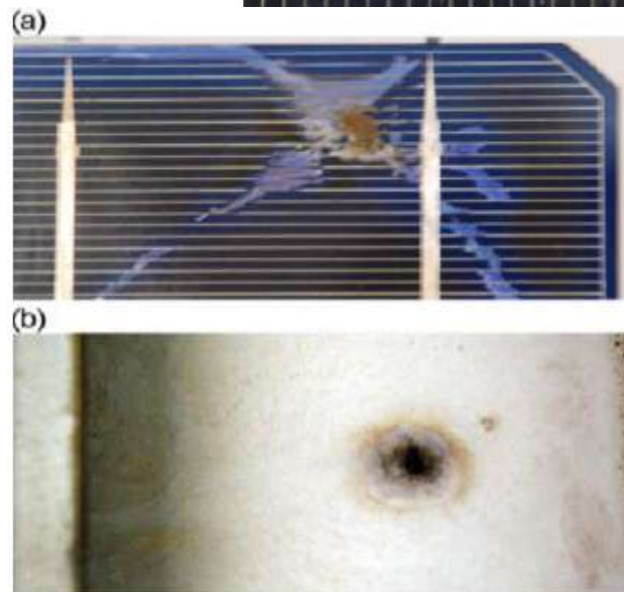
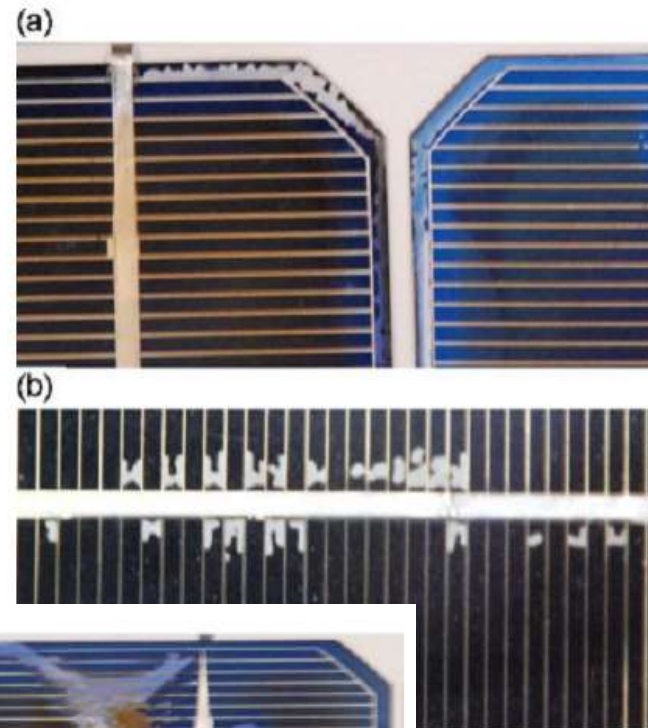
Spojování FVP do řetězců – základ FVE





Klimatická odolnost FVP

- Základní záruka na výkon cca 20 let
- Zkušenosti
 - u starších modulů reálné
 - u nových nepředvídatelné





Příklad 12 let starý FV systém

Table I. Most significant visual defects and percentage of modules and cells affected.

Type of defect (%)	Modules affected (%)	Cells affected (%)
Glass soiling	100	33
Milky pattern	93	13
Front grid oxidation	100	100
AR coating oxidation	100	100
Cell cracks	60	2.5
Hot spots	7	0.2
Backsheet delamination	7	NA
Frame defects	5	NA
Junction box defects	100	NA
Defective by-pass diodes	0	NA
Busbar corrosion	0	NA
Major bubbles	0	NA
EVA browning	0	NA

NA: not applicable.

- Střešní FV systém
- Jižní Evropa
- zdroj:

RESEARCH ARTICLE

Analysis of degradation mechanisms of crystalline silicon PV modules after 12 years of operation in Southern Europe

Paula Sánchez-Friera*, Michel Piliouguine, Javier Peláez,
Jesús Carretero and Mariano Sidrach de Cardona

Departamento de Física Aplicada II, Universidad de Málaga, Louis Pasteur 35, 29071 Málaga, Spain



Životnost FVP ovlivňuje

- Poloha zařízení
- Kvalita provedení jednotlivých komponent
- Mechanická odolnost konstrukce systému
- Údržba systému – čistota FVP





Testování FVP – typové zkoušky

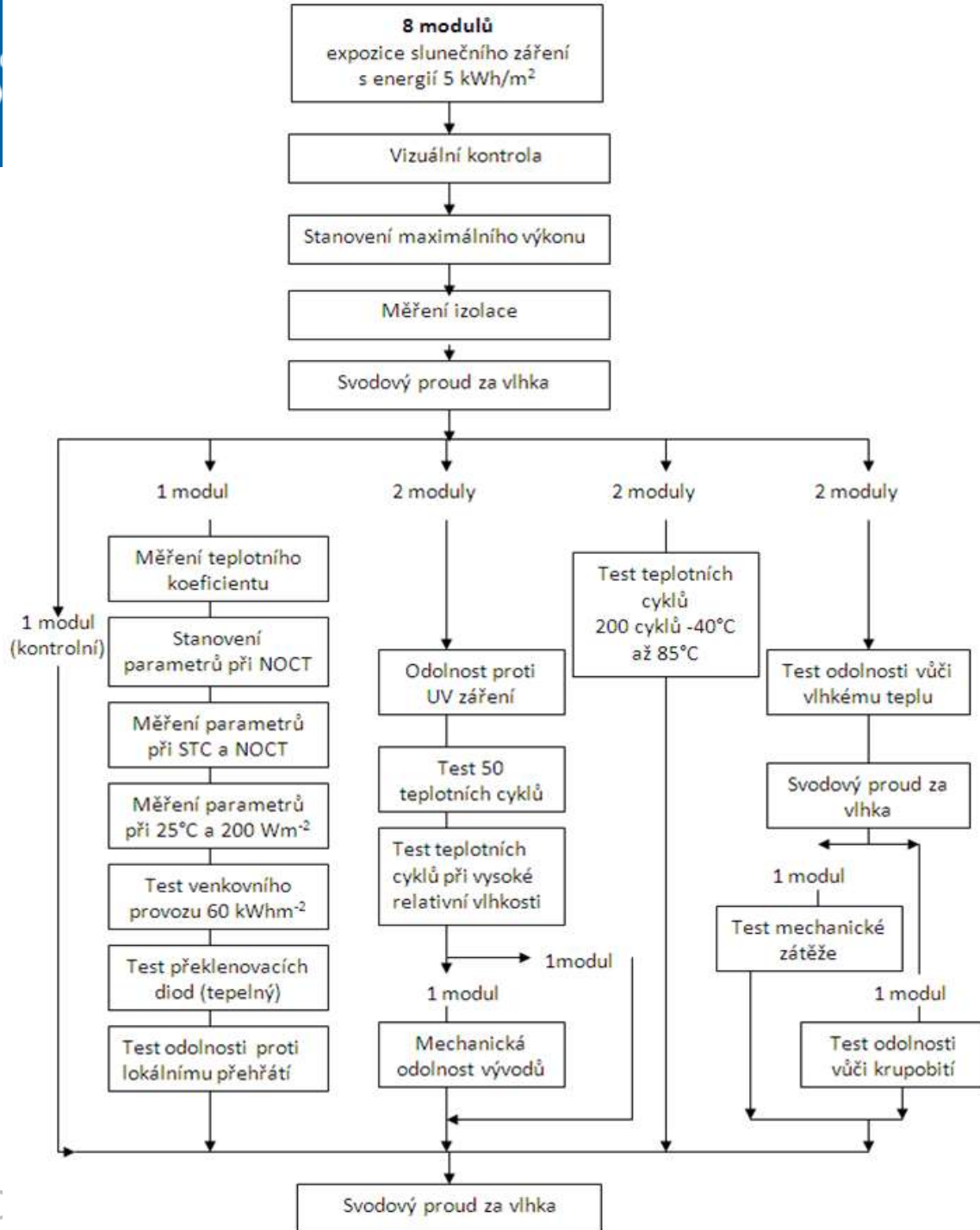
- ČSN EN 61215
- Příprava před testováním
 - ozáření celkovou dávkou záření 5 kWh/m^2
 - náhodně vybráno 8 panelů
 - připojení pro měření dle pokynů výrobce



- Postup testování

- Výsledky

- vzorek musí vyhovět podmínkám na následujícím slide





Vyhodnocení testů

- pokles maximálního výstupního napětí během každého testu nepřekročí předepsané meze. Po změření sekvence je přípustný pokles 8 %
- žádný vzorek nevykazuje rozpojený obvod
- nejsou patrné žádné vizuální defekty
- po testech moduly vyhovují z hlediska elektrické pevnosti
- požadavky na svodový proud za vlhka jsou splněny na začátku sekvence, po testu odolnosti vůči vlhkému teplu i na konci sekvence
- jsou splněny specifické požadavky skupiny a VACH se nezmění o více jak 5 %
- Pokud neprojde 1 panel, jsou měřeny 2 náhradní, musí vyhovět. Pokud neprojdou 2 a více FVP, celá skupina je zamítnuta



Zkoušení a testování FVP

- Námět na další přednášku
- Problematika měření výkonu FVP
- Určování příčin havárií a poškození FV systému



Laboratoř diagnostiky fotovoltaických systémů

Stručně o laboratoři

Laboratoř diagnostiky fotovoltaických systémů, která je součástí **Katedry elektrotechnologie** na **ČVUT**, byla slavnostně otevřena 5. listopadu 2010 (**fotogalerie**). Zabývá se zejména měřením fotovoltaických modulů v. flash testem, který umožňuje ověřit mimo jiné jmenovitý výkon modulu. Vedoucím laboratoře je v současné době Ing. Ladislava Černá. Dalšími zaměstnanci jsou Prof. Ing. Vítězslav Benda, CSc. a Ing. Petr Čížek, Odborného garantu laboratoře a Ing. Pavel Hrzina, Ph.D., který pracuje jako Manažer laboratoře a zároveň je i jejím Metrologem.

Laboratoř je vybavena profesionálním flash testem švýcarské firmy **SOLAR SIMULATORS** Sun Simulator IIIc, který splňuje požadavky na zařízení třídy AA (dle IEC 60904-9) pro zkoušení modulů v umělém osvětlení. Kromě flash testů nabízí laboratoř i další služby a měření:

- zkoušky izolační pevnosti na testech IEC 60509 a IEC 60854, testy na testech IEC 60509, IEC 60854, IEC 60509, IEC 60854,
- termografická měření tepelné mapy pro firmu **Workswell**,
- diagnostiku poruchové diagnostiky pro firmu **Workswell**,
- diagnostiku fotovoltaických systémů, určení parametrů článků, LBIV, LBIC, apod.,
- poradenské služby.

Hlavním cílem laboratoře je získat akreditaci pro svou činnost, která podpoří věrohodnost laboratoře.



TÜV 500 Czech Partner





Příště ...

- Fotovoltaické systémy.

Děkuji za pozornost a prosím o Vaše dotazy.