EnerGAIN

Проект: Промовирање на децентрализирано производство на енергија од обновливи извори на енергија

Interreg - IPA CBC
CCI 2014TC16I5CB006

ИНФОРМАТИВЕН СЕМИНАР: **ДИМЕНЗИОНИРАЊЕ НА ФВ СИСТЕМИ**

КАРАКТЕРИСТИКИ НА КОМПОНЕНТИТЕ НА ФОТОВОЛТАИЧНИТЕ СИСТЕМИ

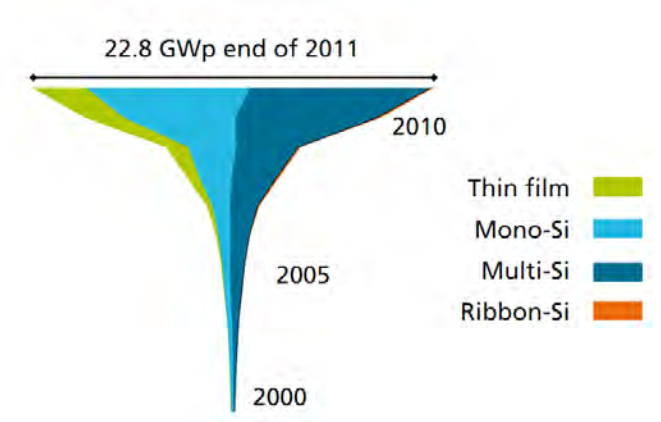
вонр. проф. д-р Димитар Димитров, УКИМ-ФЕИТ - Скопје

Гевгелија, 14 септември 2017 год.

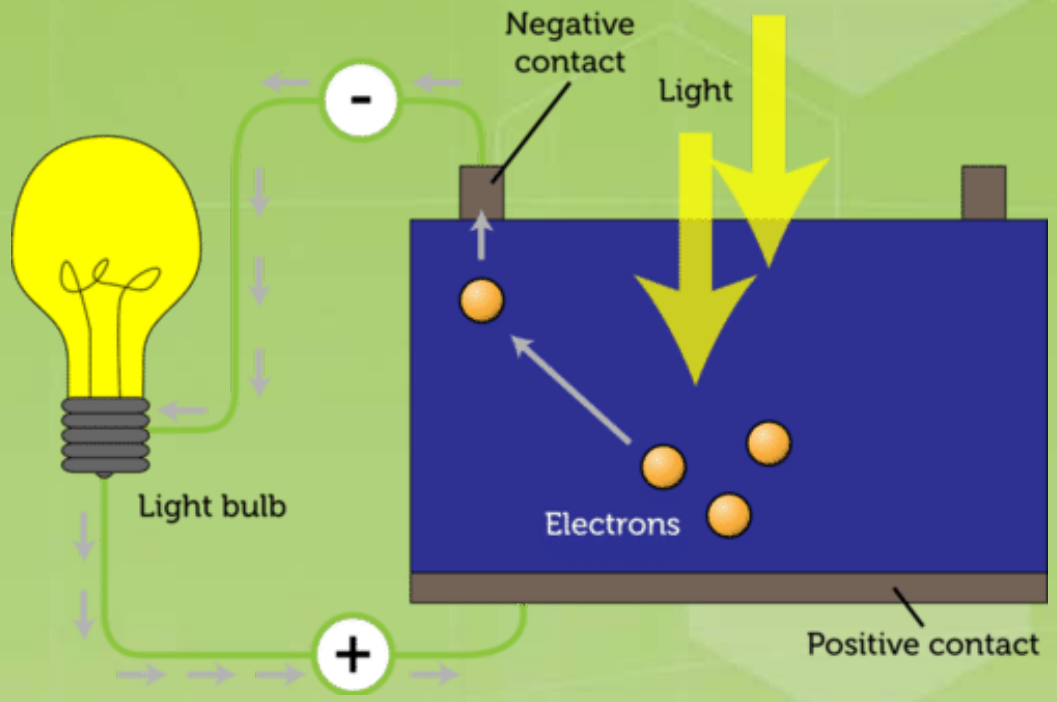
Проектот е кофинансиран од ЕУ преку Интеррег - ИПА програмата за прекугранична соработка Бугарија – Македонија 2014-2020

СОНЧЕВИ ЌЕЛИИ

- Сончевите (соларните, фотоволтаичните) ќелии се електрични елементи што служат за директна конверзија на енергијата на сончевото зрачење во електрична
- Се изработуваат полуспроводен материјал:
  - Кристален (моно- и поли-) силициум c-Si
  - Аморфен силициум a-Si
  - Галиум арсенид GaAs
  - Кадмиум телурид CdTe
  - Бакар индиум диселенид $CuInSe_2$
- Најзастапени се монокристалните и поликристалните ќелии

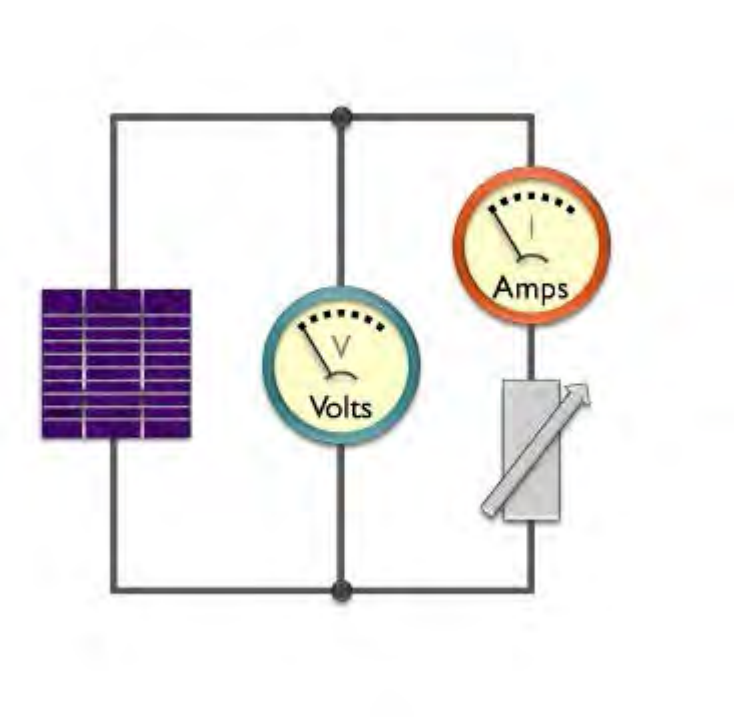


ГЕНЕРИРАЊЕ ЕЛ. ЕНЕРГИЈА СО ФВ ЌЕЛИЈА



Проектот е кофинансиран од ЕУ преку Интеррег - ИПА програмата за прекугранична соработка Бугарија – Македонија 2014-2020

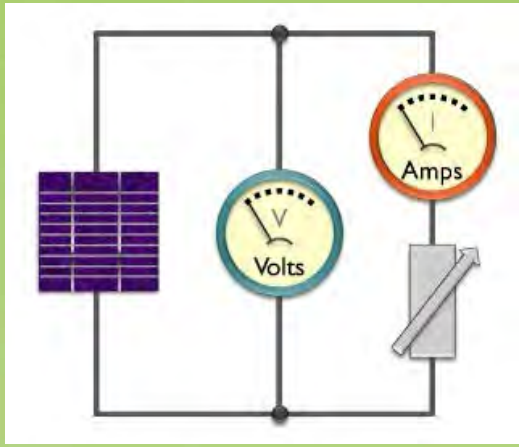
СТРУЈНО-НАПОНСКА КАРАКТЕРИСТИКА

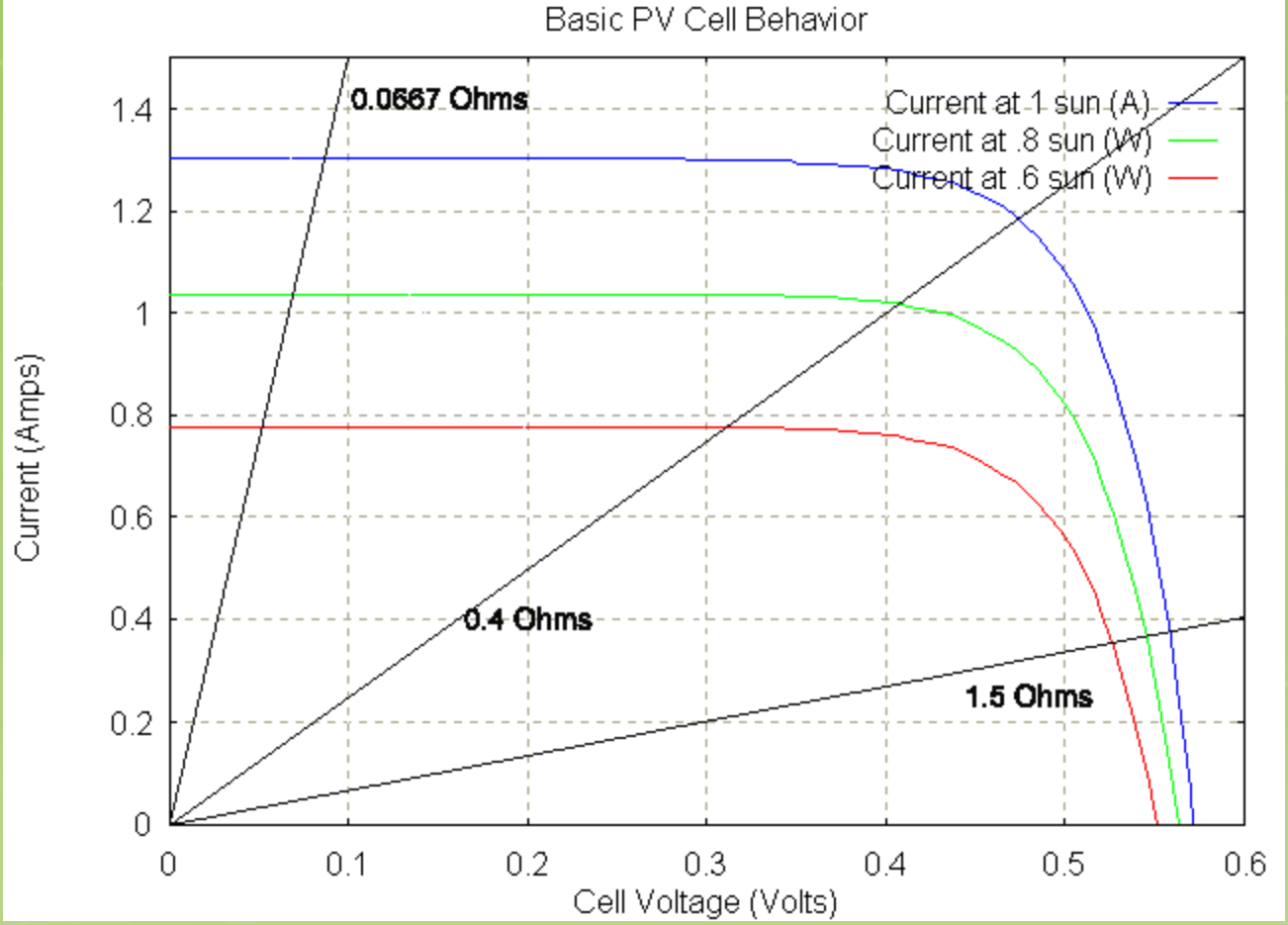


- Ако на краевите на една осветлена ФВ ќелија се поврзе потрошувач:
  - на краевите на ќелијата ќе се јави **напон**
  - низ потрошувачот ќе протече **струја**
- Ако се менува отпорот на потрошувачот се добиваат различни вредности на напонот и струјата

Проектот е кофинансиран од ЕУ преку Интеррег - ИПА програмата за прекугранична соработка Бугарија – Македонија 2014-2020

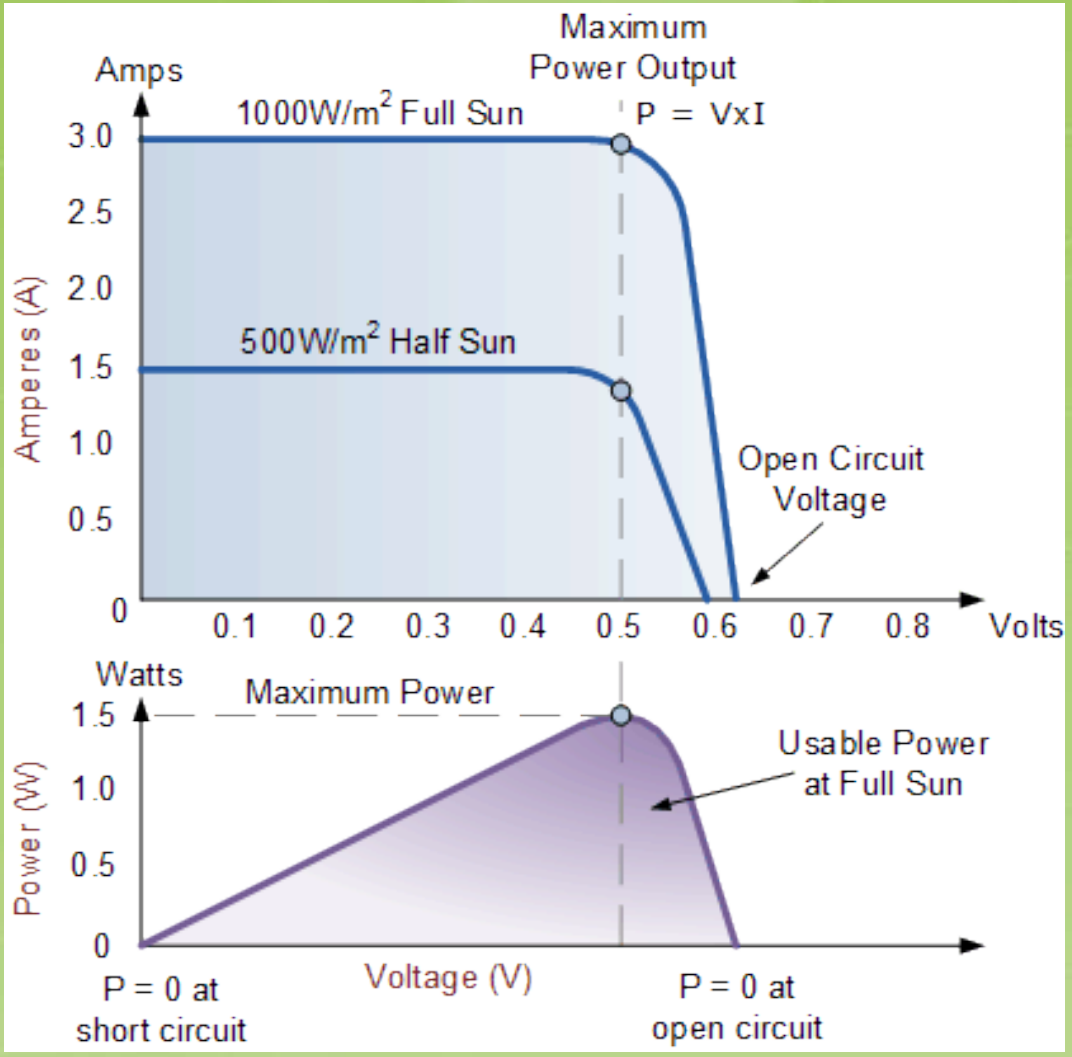
СТРУЈНО-НАПОНСКА (I-V) КАРАТЕРИСТИКА НА ФВ ЌЕЛИЈА





Проектот е кофинансиран од ЕУ преку Интеррег - ИПА програмата за прекугранична соработка Бугарија – Македонија 2014-2020

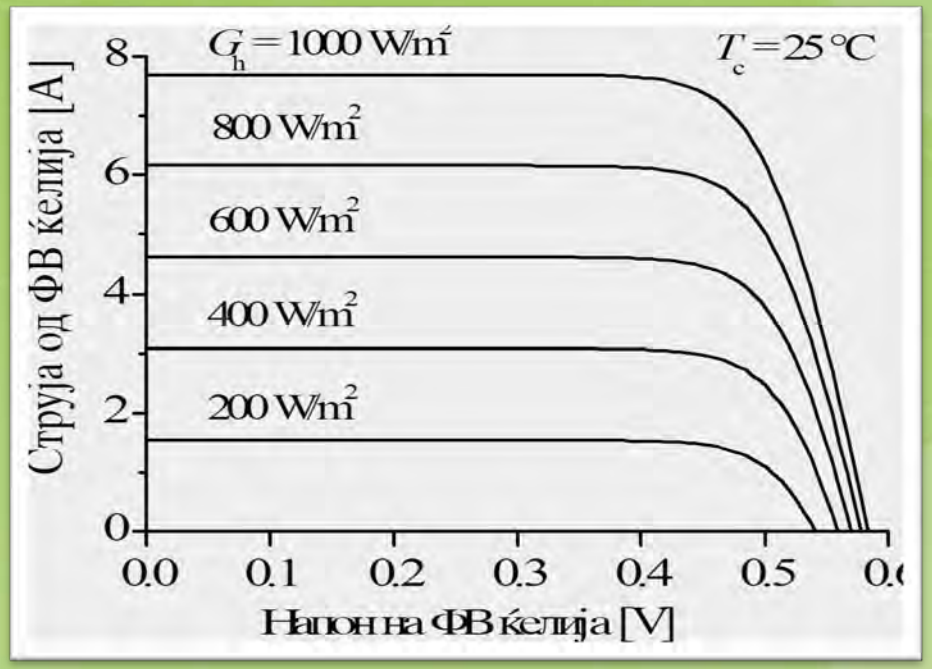
СТРУЈНО-НАПОНСКА (I-V) КАРАТЕРИСТИКА НА ФВ ЌЕЛИЈА

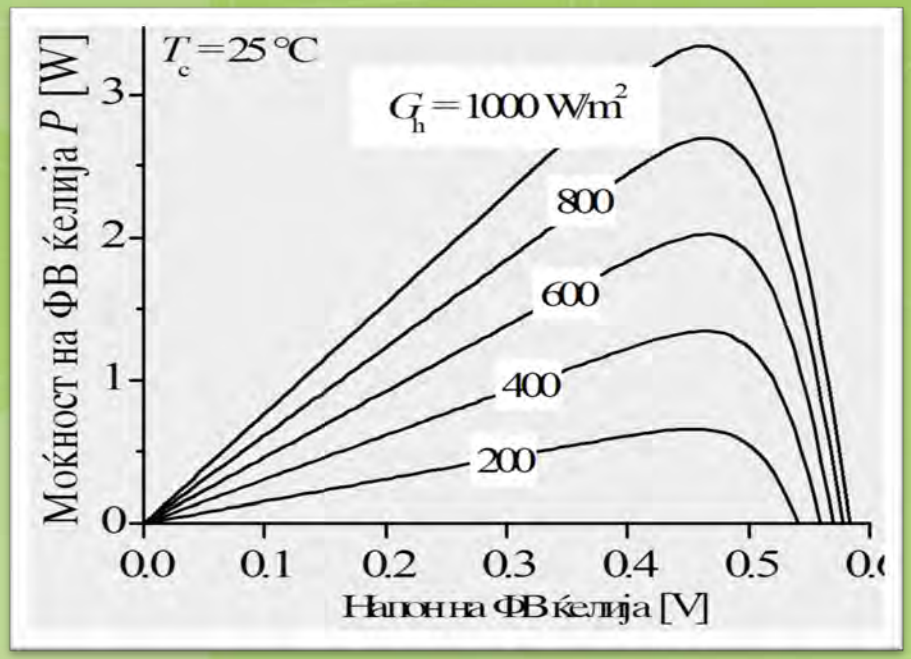


ВЛИЈАНИЈА ВРЗ ФВ ЌЕЛИИТЕ

- **Врз I-V карактеристиката, а и врз моќноста на ФВ ќелиите влијаат:**
  - **Осветленоста (сончевото зрачење)**
  - **Температурата на ќелијата**
  - **Спектарот на зрачењето (на пр. бојата)**

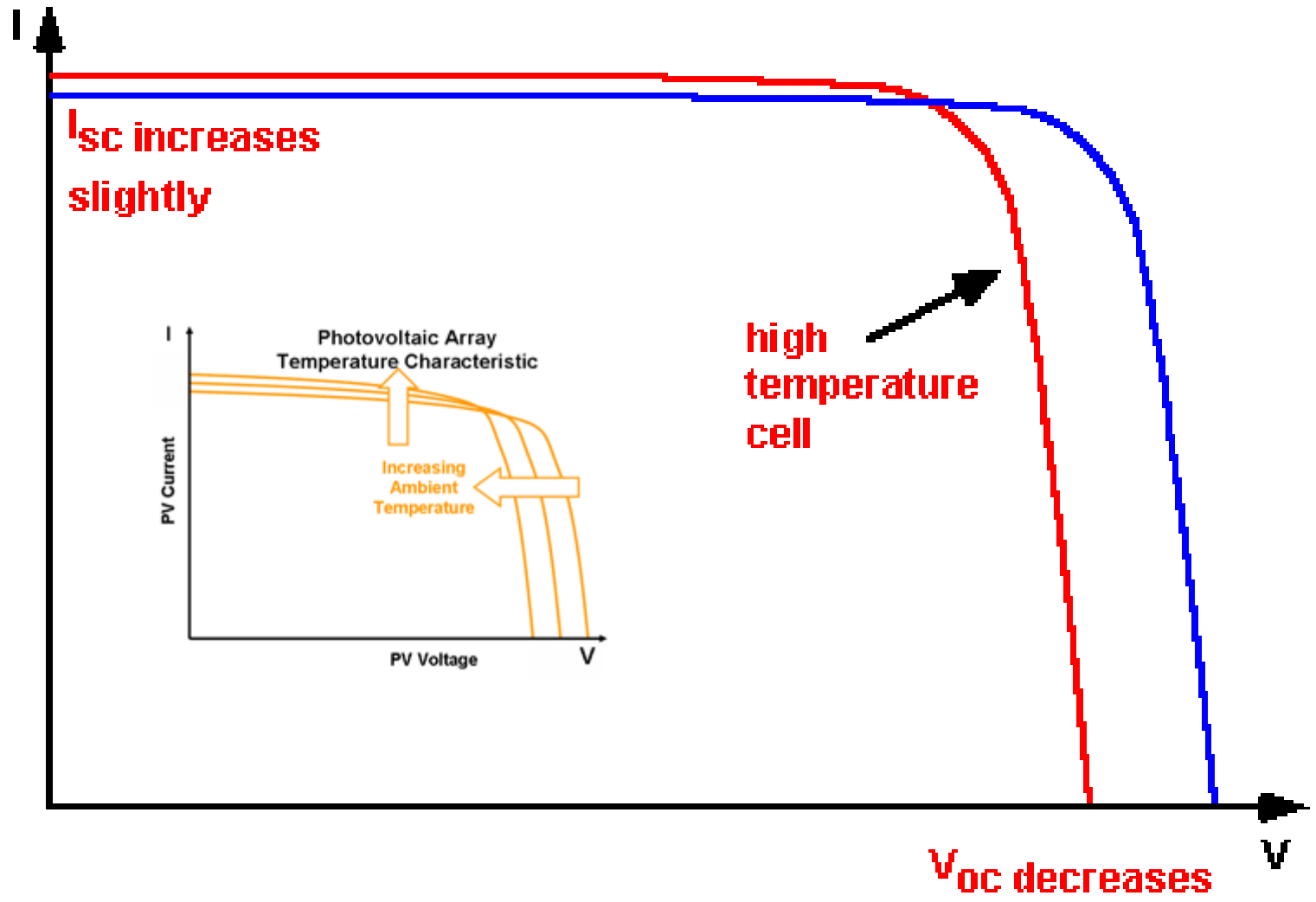
ВЛИЈАНИЈЕ НА СОНЧЕВОТО ЗРАЧЕЊЕ



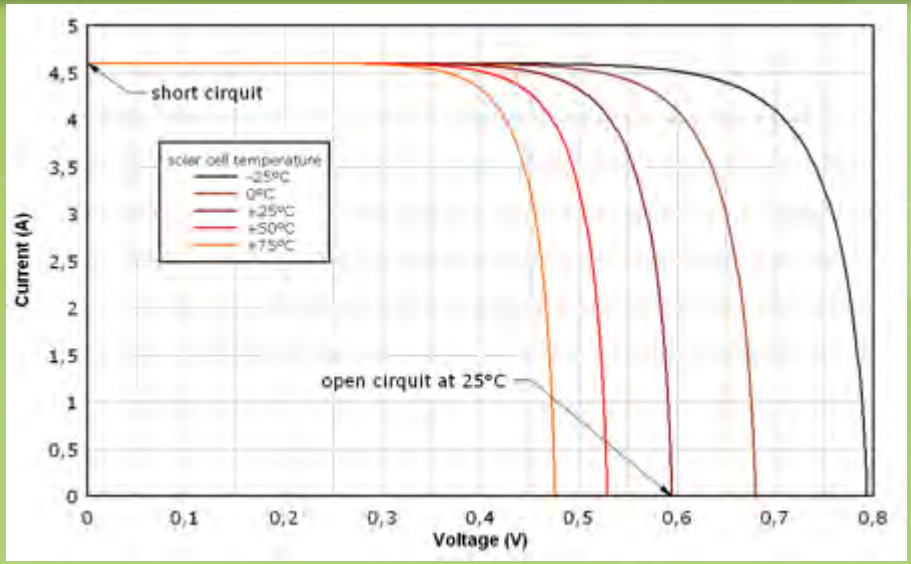


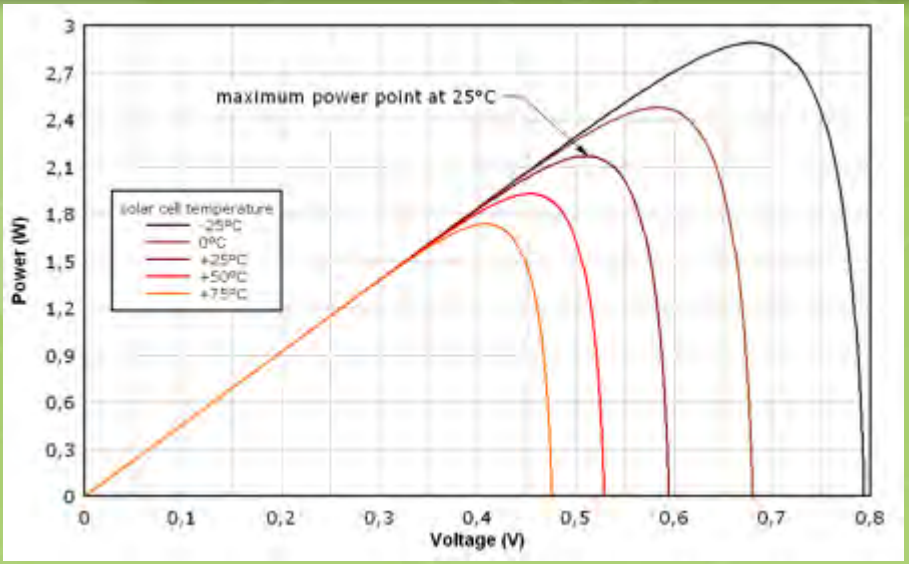
Проектот е кофинансиран од ЕУ преку Интеррег - ИПА програмата за прекугранична соработка Бугарија – Македонија 2014-2020

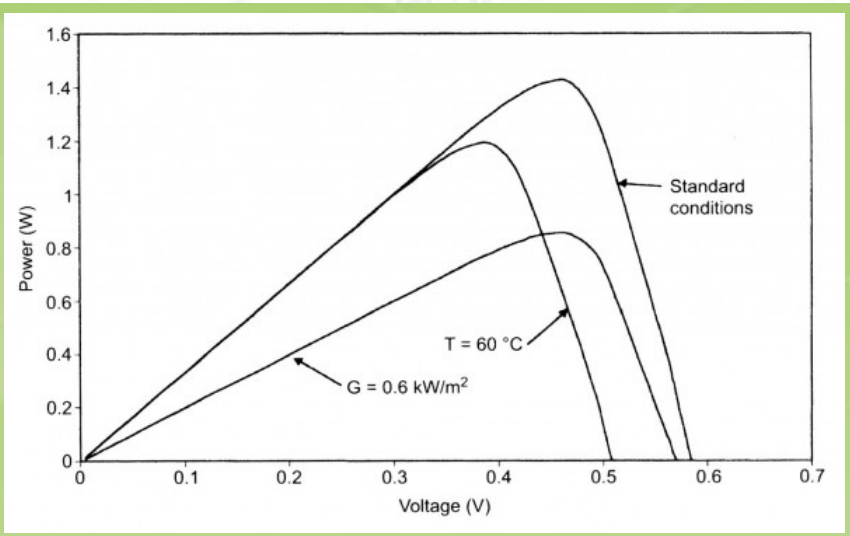
ВЛИЈАНИЈЕ НА ТЕМПЕРАТУРАТА



ВЛИЈАНИЈЕ НА ТЕМПЕРАТУРАТА

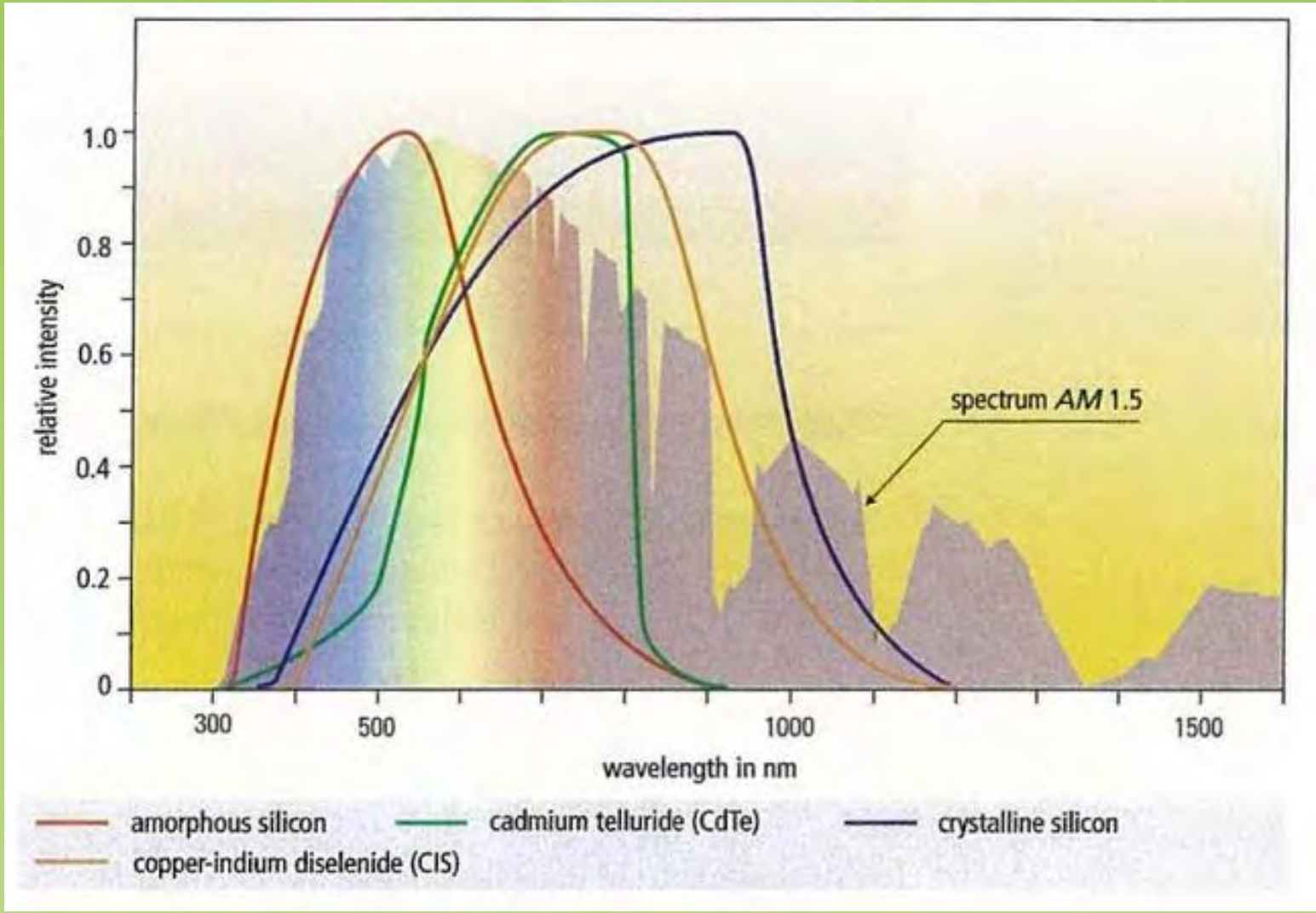






Проектот е кофинансиран од ЕУ преку Интеррег - ИПА програмата за прекугранична соработка Бугарија – Македонија 2014-2020

СПЕКТРАЛНА ЧУВСТВИТЕЛНОСТ



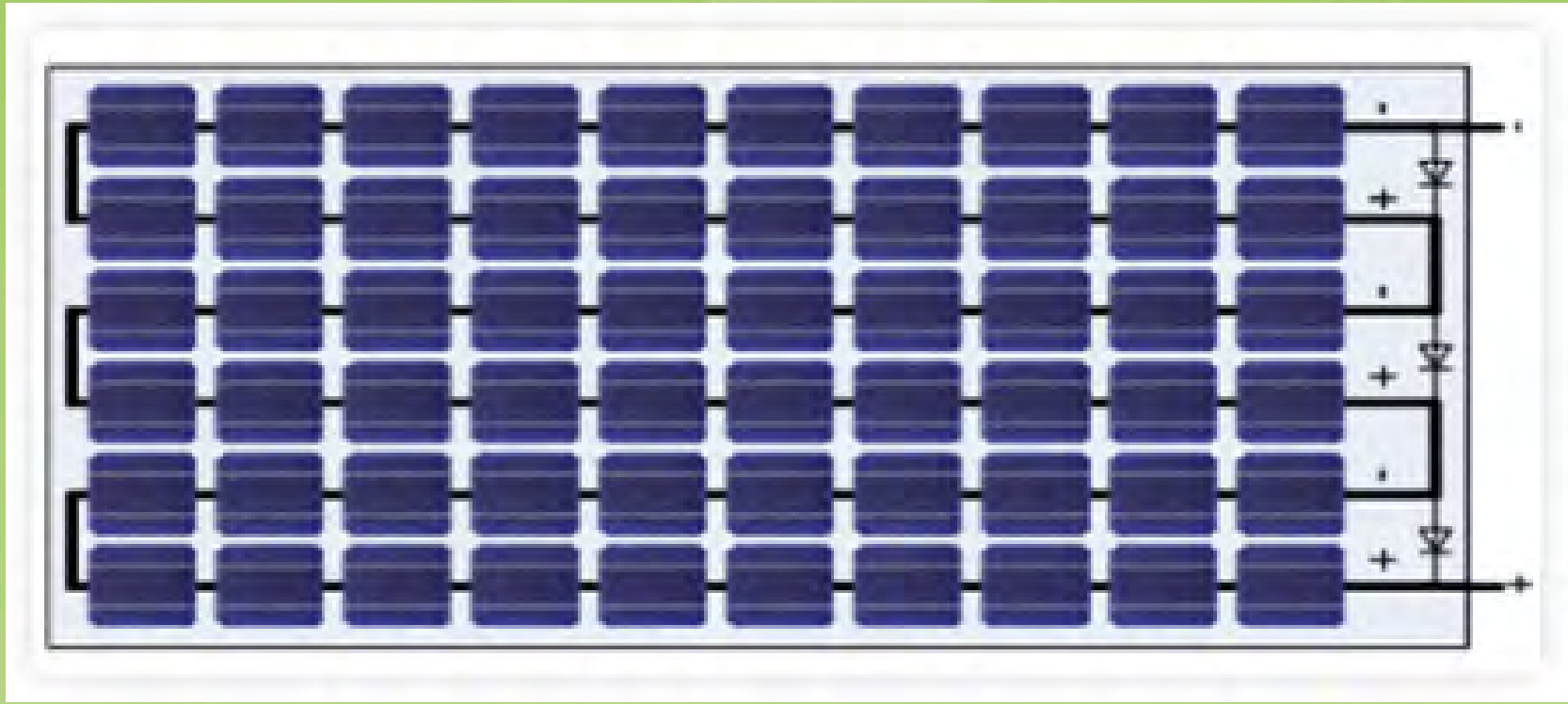
Проектот е кофинансиран од ЕУ преку Интеррег - ИПА програмата за прекугранична соработка Бугарија – Македонија 2014-2020

ФОТОВОЛТАИЧНИ МОДУЛИ

- Моќноста на ФВ ќелиите изнесува 1- 4 W
- За добивање на поголема моќност, електрично се поврзуваат повеќе ФВ ќелии
- Заради заштита од надворешни влијанија, ќелиите се поставуваат во заедничка механичка конструкција со алуминиумска рамка – **ФОТОВОЛТАИЧЕН МОДУЛ**

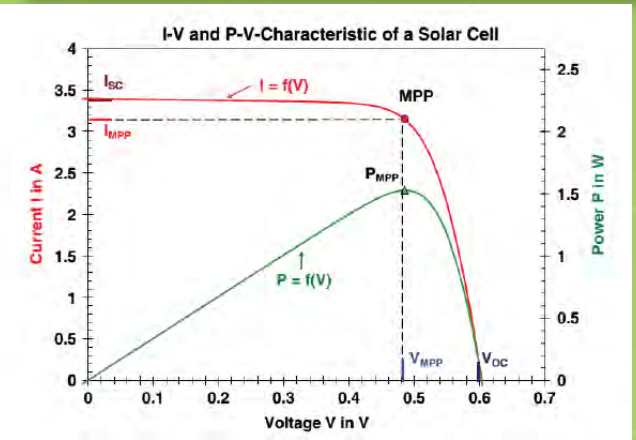
Проектот е кофинансиран од ЕУ преку Интеррег - ИПА програмата за прекугранична соработка Бугарија – Македонија 2014-2020

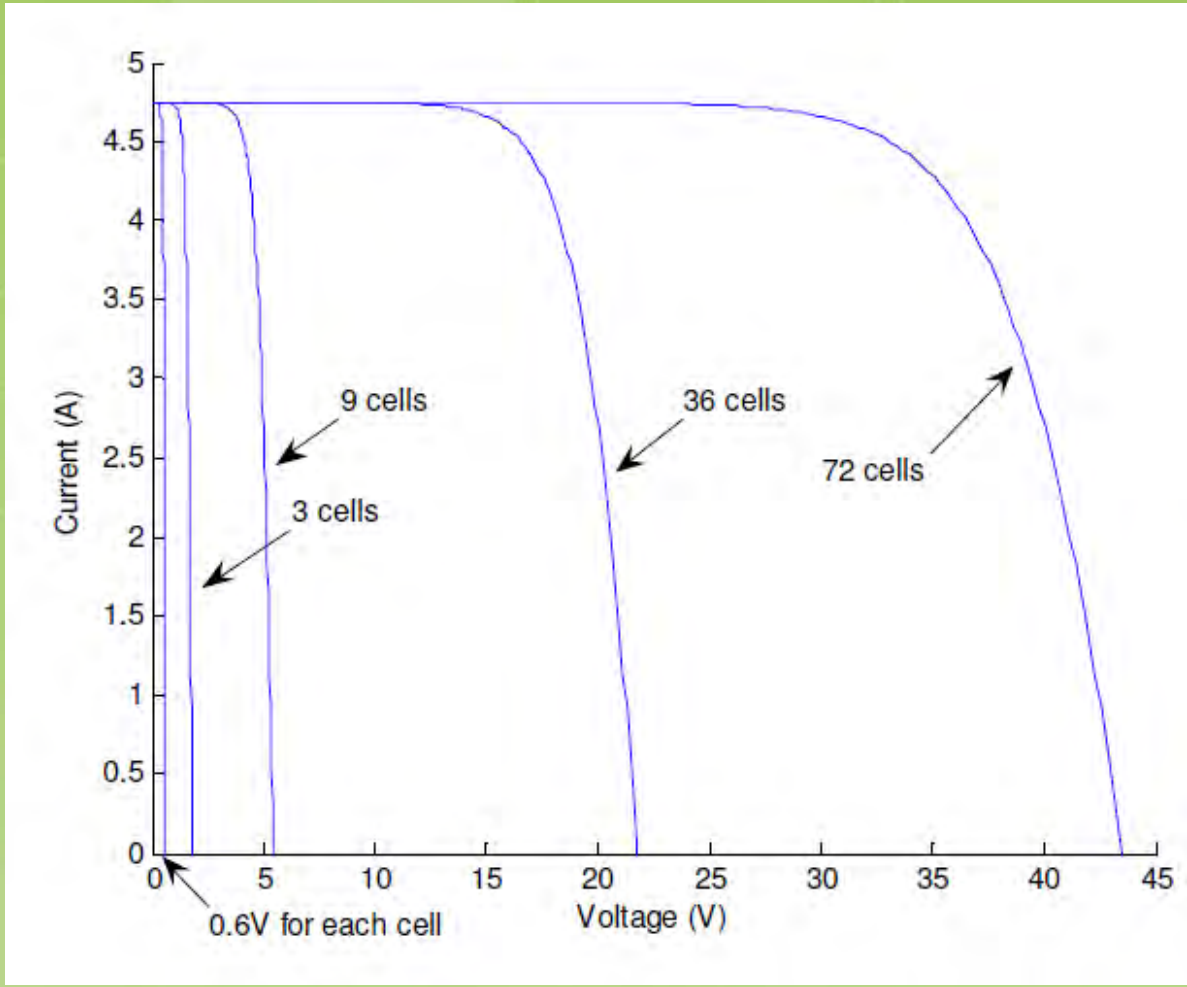
ЕЛЕКТРИЧНО ПОВРЗУВАЊЕ НА ФВ ЌЕЛИИТЕ ВО МОДУЛ



Проектот е кофинансиран од ЕУ преку Интеррег - ИПА програмата за прекугранична соработка Бугарија – Македонија 2014-2020

СТРУНО-НАПОНСКА КАРАКТЕРИСТИКА НА ФВ МОДУЛ





БРОЈ НА ЌЕЛИИ ВО ФВ МОДУЛ

- Во системите за автономно снабдување се користат батерии.
- Обично напонот на една батерија е 12 V.
- За батерија да може да се полни, напонот на ФВ модулот треба во сите работни услови да е поголем.
- Модулите наменети за автономни системи имаат 36 сериски врзани ќелии.
- Напонот на празен од им е ~ 0,6 x 36 = 21,6 V, при максимална моќност околу 17 V
- ФВ системите врзани на мрежа, работат со повисоки еднонасочни напони (пр. 350 V – 850 V)
- ФВ модулите наменети за овие системи имаат 54, 60 или 72 ќелии.
- Струјата на модулот зависи од незините димензии (3”, 4”, 5” или 6” ……. ” = inch = 2,54 cm).

Проектот е кофинансиран од ЕУ преку Интеррег - ИПА програмата за прекугранична соработка Бугарија – Македонија 2014-2020

УСЛОВИ ЗА ТЕСТИРАЊЕ НА ФВ МОДУЛИТЕ

Standard Test Conditions – STC (Стандардни тест услови)	
Сончево зрачење	1000 W/m^2
Температура на ќелиите	25 °C
Спектар на сончево зрачење	AM1.5

$P_{mp,STC}$ – максимална моќност [Wp]

$I_{mp,STC}$ – струја при максимална моќност

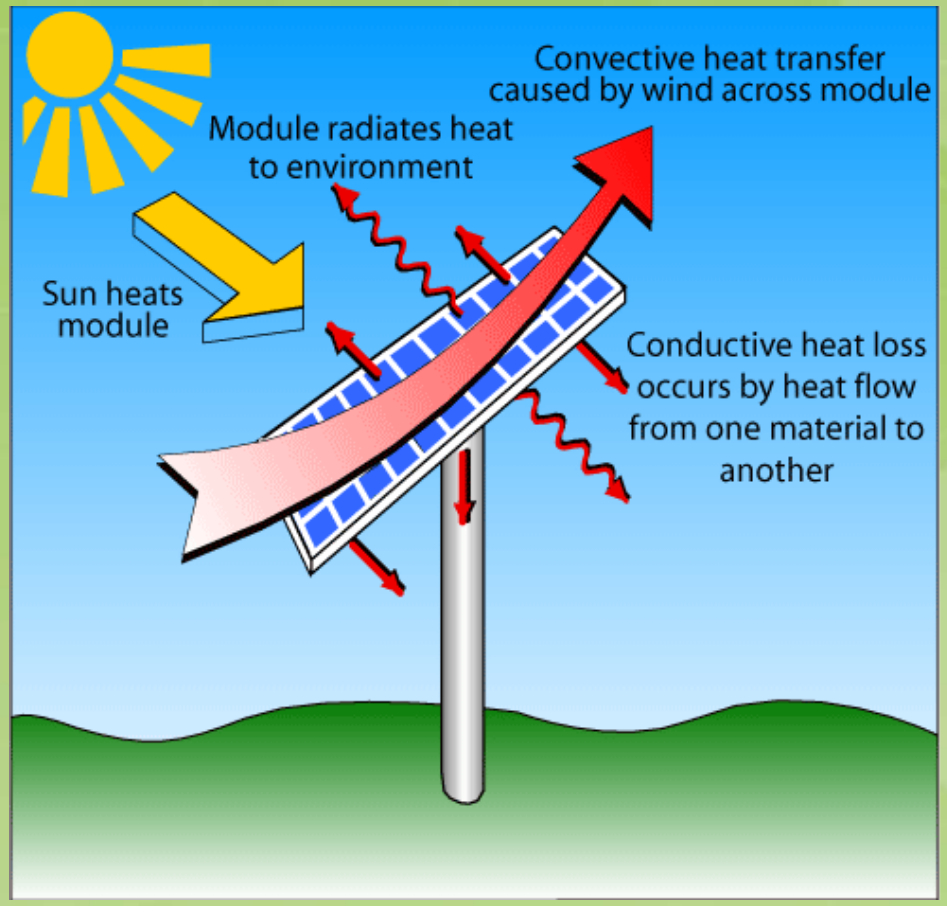
$V_{mp,STC}$ – напон при максимална моќност

$I_{sc,STC}$ – струја на куса врска

$V_{oc,STC}$ – напон на празен од

Проектот е кофинансиран од ЕУ преку Интеррег - ИПА програмата за прекугранична соработка Бугарија – Македонија 2014-2020

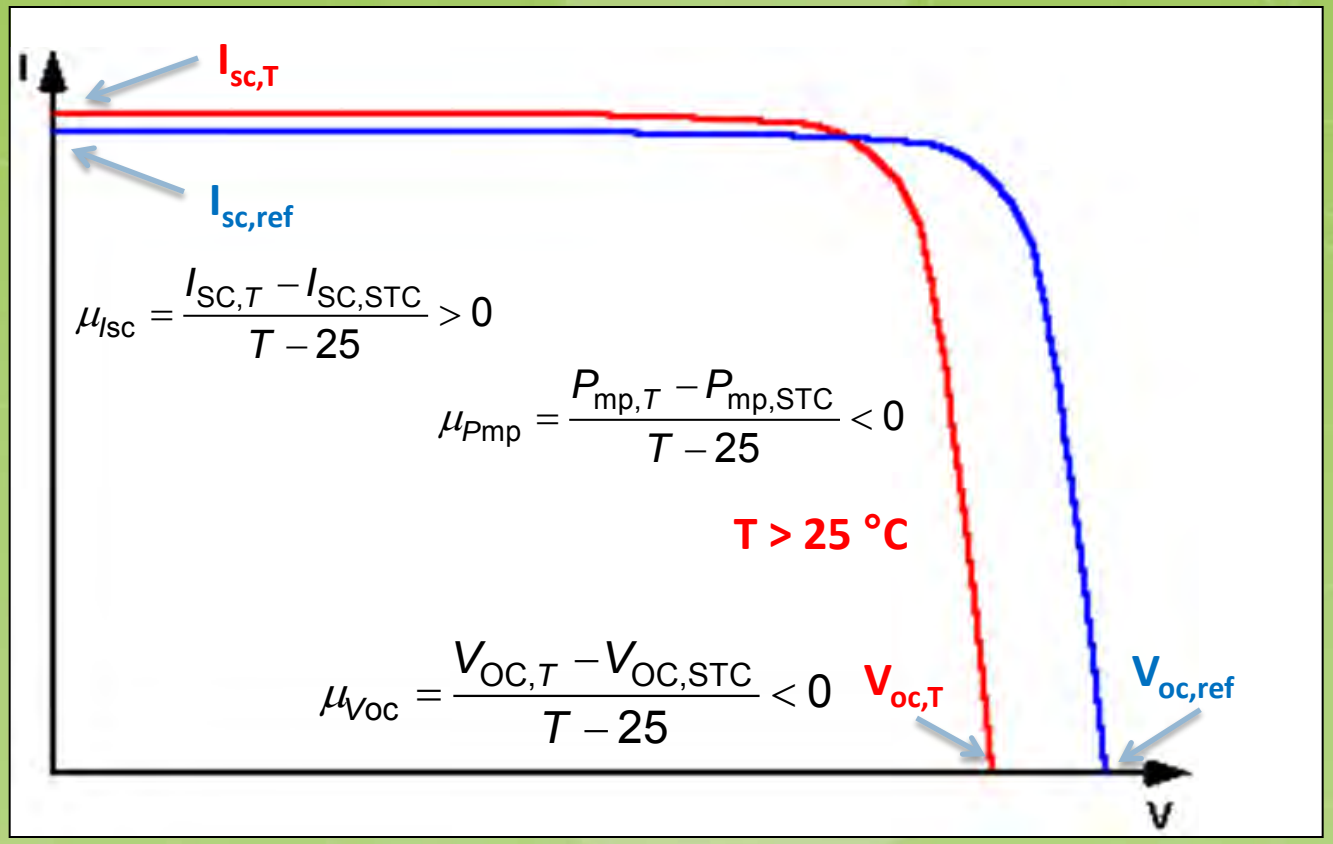
УСЛОВИ ЗА ТЕСТИРАЊЕ НА ФВ МОДУЛИТЕ



Normal operation cell temperature - NOCT Температура при нормални работни услови	
Сончево зрачење	800 W/m^2
Температура на воздухот	20 °C
Брзина на ветер	1 m/s
Спектар на сончево зрачење	AM1.5

$T_{c,NOCT}$ – температура на ќелиите при нормални работни услови

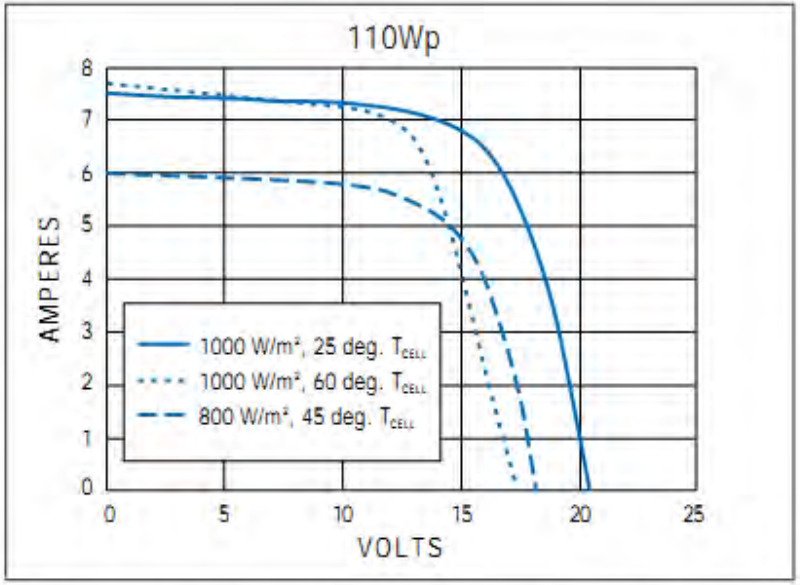
ТЕМПЕРАТУРНИ КОЕФИЦИЕНТИ

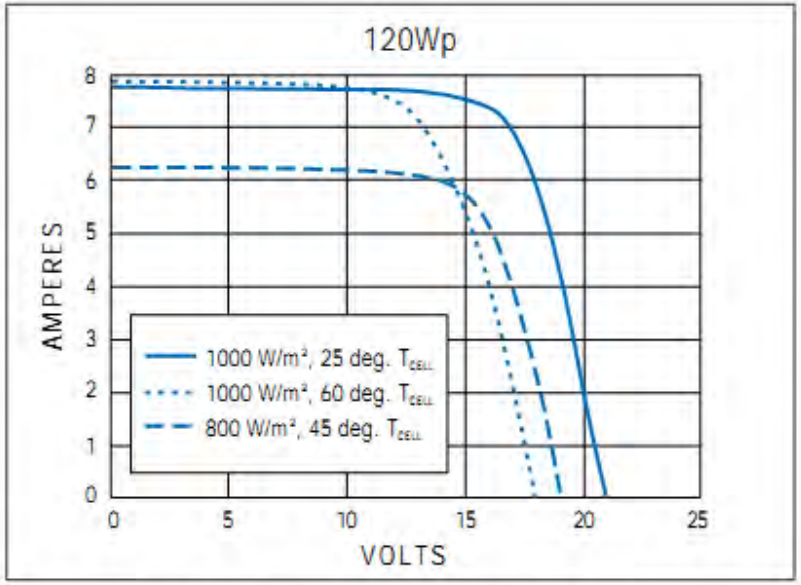


- μ_{Isc} – температурен коефициент на струјата на куса врска
- μ_{Voc} – температурен коефициент на напон на празен од
- μ_{Pmp} – температурен коефициент на максималната моќност

Проектот е кофинансиран од ЕУ преку Интеррег - ИПА програмата за прекугранична соработка Бугарија – Македонија 2014-2020

КАТАЛОШКИ ПОДАТОЦИ





TYPICAL ELECTRICAL/MECHANICAL PARAMETERS

Nominal Operating Cell Temp. (NOCT)	45°C (Determined under: Irradiance = 800 W/m²; ambient temperature = 20°C; wind speed = 1m/s)	
Short Circuit Temp. Coefficient	+0.6mA/°C	
Open Circuit Voltage Coefficient	-0.08 V/°C	
Typical Fill Factor	71% (AP-1106)	74% (AP-1206)
High Voltage Standoff Potential	2200 Volts	
Ground Continuity of Frame	< 1 ohm	
Weight (Wind) Bearing Potential	50 lbs/ft² (125 mph equiv.) (2400 N/m² (200 kph equiv.))	
Hailstone Impact Resistance	1" @ 50 mph (24 mm @ 80 kph)	

TYPICAL OUTPUT SPECIFICATIONS

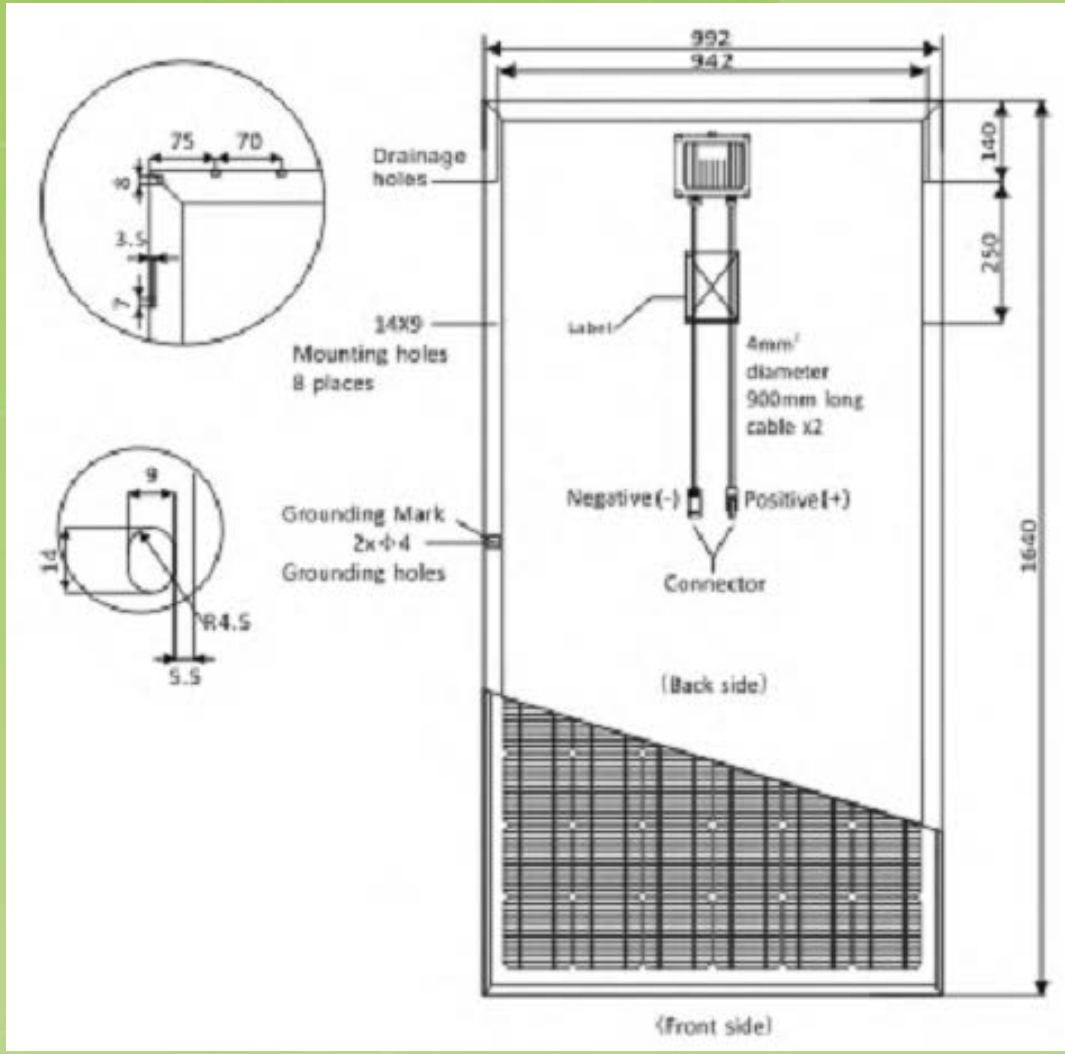
@ Standard Test Conditions (defined as: Irradiance = 1000 W/m²; cell temperature = 25°C; solar spectral irradiance per ASTM E892 (air Mass = 1.5))

Peak Power * (W_p)	110	Watts	120	Watts
Open Circuit Voltage (V_{oc})	20.7	Volts	21.0	Volts
Max. Power Voltage (V_{mp})	16.7	Volts	16.9	Volts
Short Circuit Current (I_{sc})	7.5	Amps	7.7	Amps
Max. Power Current (I_{mp})	6.6	Amps	7.1	Amps
Weight	26.1 lbs. (11.9 kg)			
Dimensions	58.1 x 26.0 x 1.4 in. (1476.0 x 660.0 x 35.0 mm)			

*rated power tolerance ±10%

Interreg - IPA CBC
CCI 2014TC16I5CB006

КАТАЛОШКИ ПОДАТОЦИ



MONO CRYSTALLINE MODULE 60x6"/210-260W

VS.

POLY CRYSTALLINE MODULE 60x6"/200-245W

КАТАЛОШКИ ПОДАТОЦИ

mono

Model	Pm(Wp)	Tolerance	Vm(V)	Im(A)	Voc(V)	Isc(A)	η
SYP210M	210W	0~+3%	29.00	7.24	36.50	7.88	>12.91%
SYP220M	220W	0~+3%	29.50	7.45	37.00	8.10	>13.52%
SYP230M	230W	0~+3%	29.80	7.73	37.00	8.22	>14.14%
SYP240M	240W	0~+3%	30.20	7.95	37.20	8.33	>14.75%
SYP245M	245W	0~+3%	30.30	8.09	37.40	8.48	>15.03%
SYP250M	250W	0~+3%	30.40	8.25	37.50	8.59	>15.36%
SYP255M	255W	0~+3%	30.50	8.39	37.50	8.64	>15.64%
SYP260M	260W	0~+3%	30.50	8.53	37.50	8.77	>15.96%

poly

Model	Pm(Wp)	Tolerance	Vm(V)	Im(A)	Voc(V)	Isc(A)	η
SYP200S	200W	0~+3%	28.60	7.00	36.50	7.65	>12.30%
SYP210S	210W	0~+3%	29.00	7.25	36.50	7.88	>12.93%
SYP215S	215W	0~+3%	29.20	7.37	36.70	7.92	>13.23%
SYP220S	220W	0~+3%	29.50	7.46	37.00	8.10	>13.53%
SYP225S	225W	0~+3%	29.60	7.61	37.00	8.14	>13.85%
SYP230S	230W	0~+3%	29.80	7.73	37.00	8.22	>14.16%
SYP235S	235W	0~+3%	30.00	7.84	37.10	8.28	>14.46%
SYP240S	240W	0~+3%	30.20	7.96	37.20	8.33	>14.78%
SYP245S	245W	0~+3%	30.30	8.09	37.30	8.34	>15.07%

Проектот е кофинансиран од ЕУ преку Интеррег - ИПА програмата за прекугранична соработка Бугарија – Македонија 2014-2020

КАТАЛОШКИ ПОДАТОЦИ

mono

Temperature Coefficients	
Temperature Coefficient of VOC(β)	-0.33%/℃
Temperature Coefficient of ISC(α)	+0.03%/℃
Temperature Coefficient of Pmax	-0.41%/℃
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45±2℃

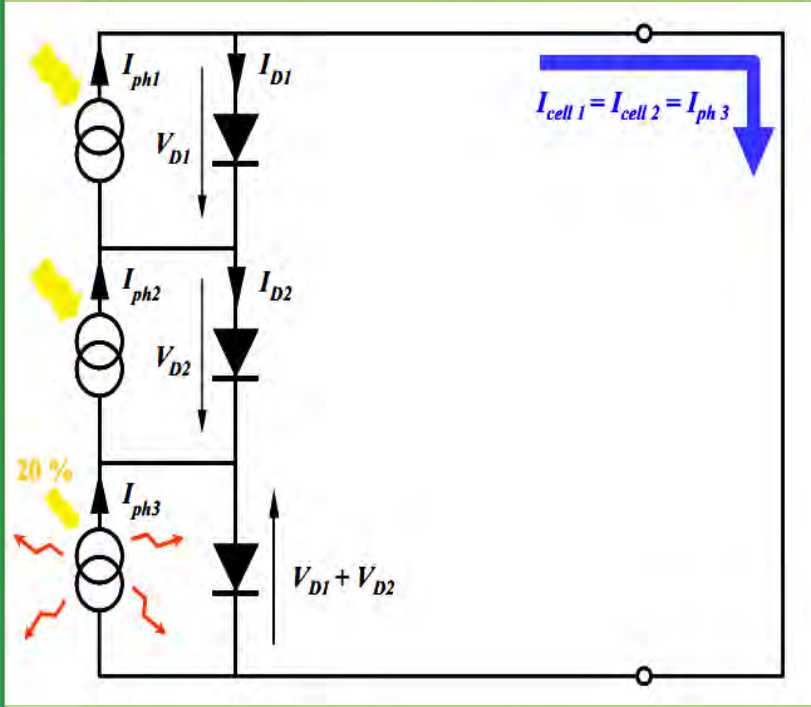
poly

Temperature Coefficients	
Temperature Coefficient of VOC(β)	-0.33%/℃
Temperature Coefficient of ISC(α)	+0.033%/℃
Temperature Coefficient of Pmax	-0.39%/℃
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45±2℃

Проектот е кофинансиран од ЕУ преку Интеррег - ИПА програмата за прекугранична соработка Бугарија – Македонија 2014-2020

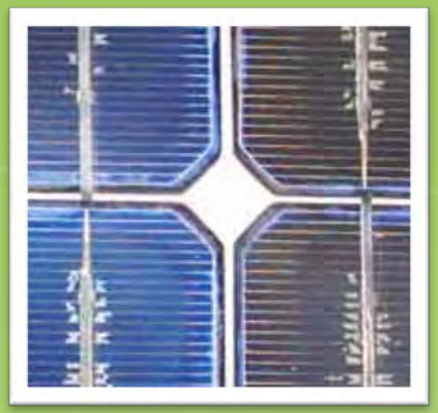
HOT-SPOT ЕФЕКТ

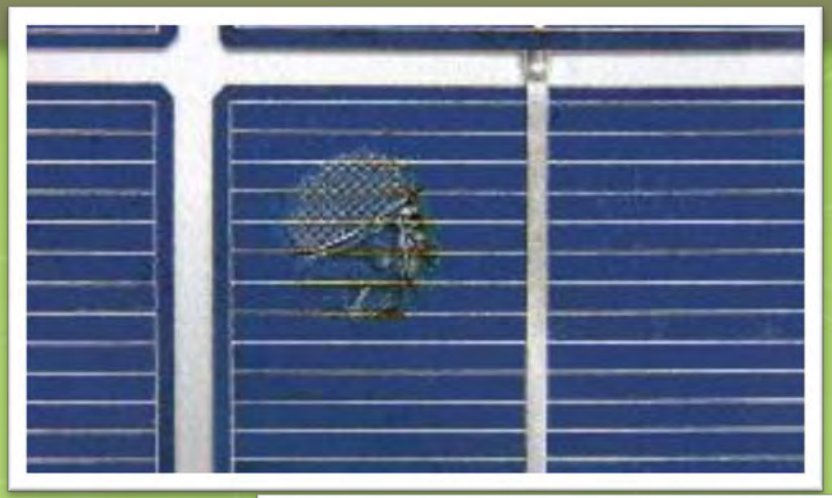
- Ако третата ќелија е делумно засенета струјата од осветлувањето ќе биде сразмерно помала
- Иако другите две ќелии можат да создадат поголеми струи, струјата во колото е ограничена со струјата од делумно засенетата ќелија
- Преостанатиот дел од струјата на незасенетите ќелии протекува низ сопствените диоди
- Диодата во засенетата ќелија е непропусно поларизирана со вкупниот напон на другите две ќелии
- Поради тоа засенетата ќелија ќе делува како потрошувач и во неа ќе се дисипира моќност
- Ќелијата ќе се загрева и во некои случаи може да се оштети

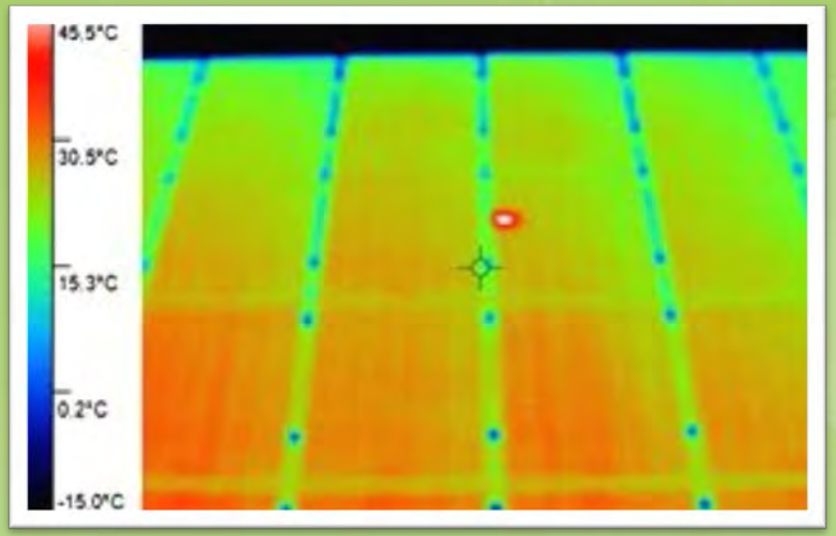


Загревањето на засенетата ќелија поради дисипацијата на моќност се нарекува **hot-spot ефект!!!**

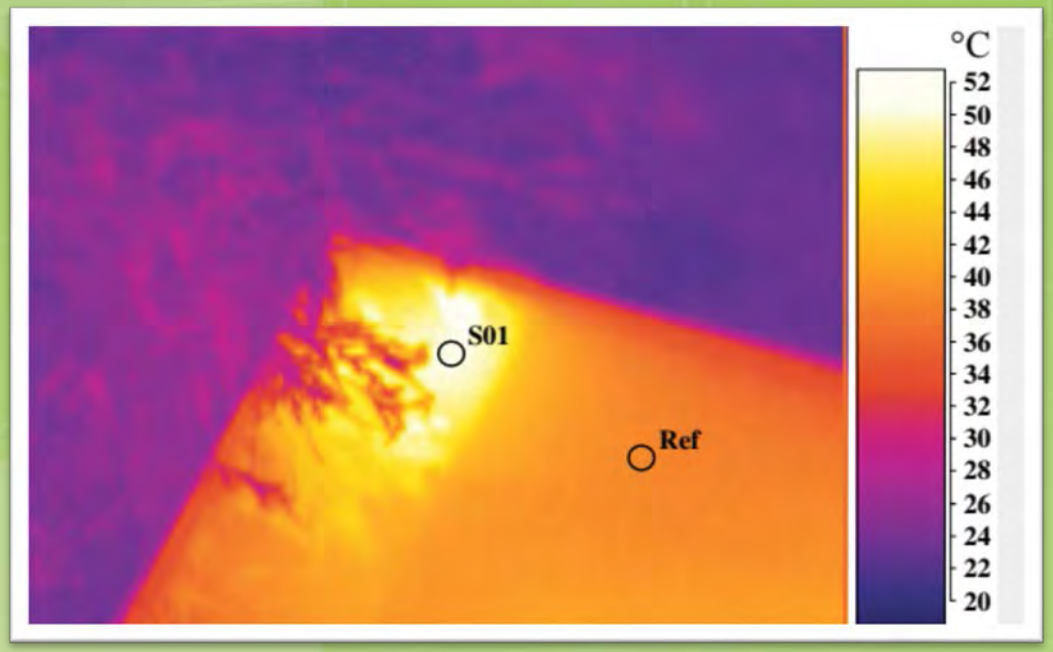
HOT-SPOT ЕФЕКТ







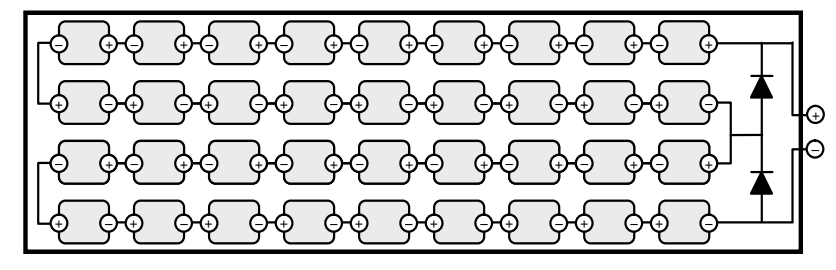
HOT-SPOT ЕФЕКТ

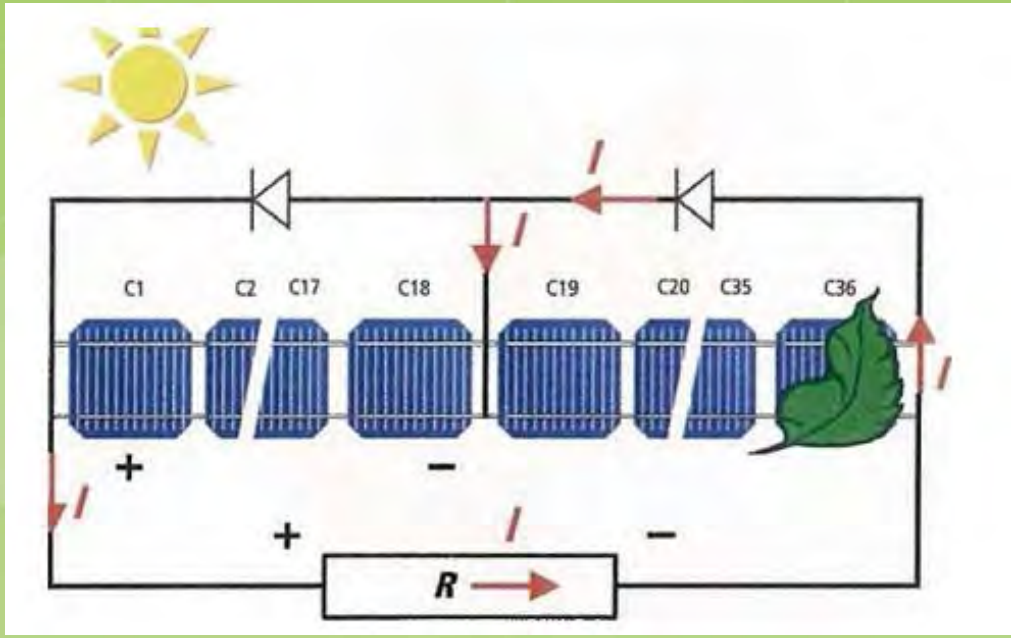


Проектот е кофинансиран од ЕУ преку Интеррег - ИПА програмата за прекугранична соработка Бугарија – Македонија 2014-2020

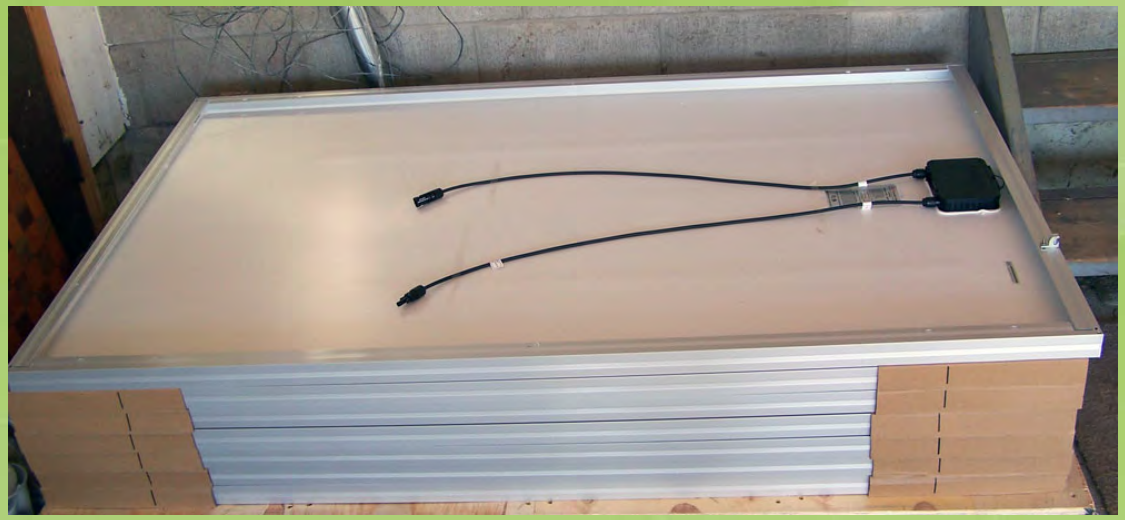
BYPASS-ДИОДИ

- Поставувањето на bypass диодите на краевите на секоја ќелија е неекономично
- Создава континуирани (но мали) загуби моќност
- Во практиката, по една bypass диода се поставува на секои 15-20 ќелии





ПОВРЗУВАЊЕ НА ФОТОВОЛТАИЧНИ МОДЛЧИ



Типови на конектори:

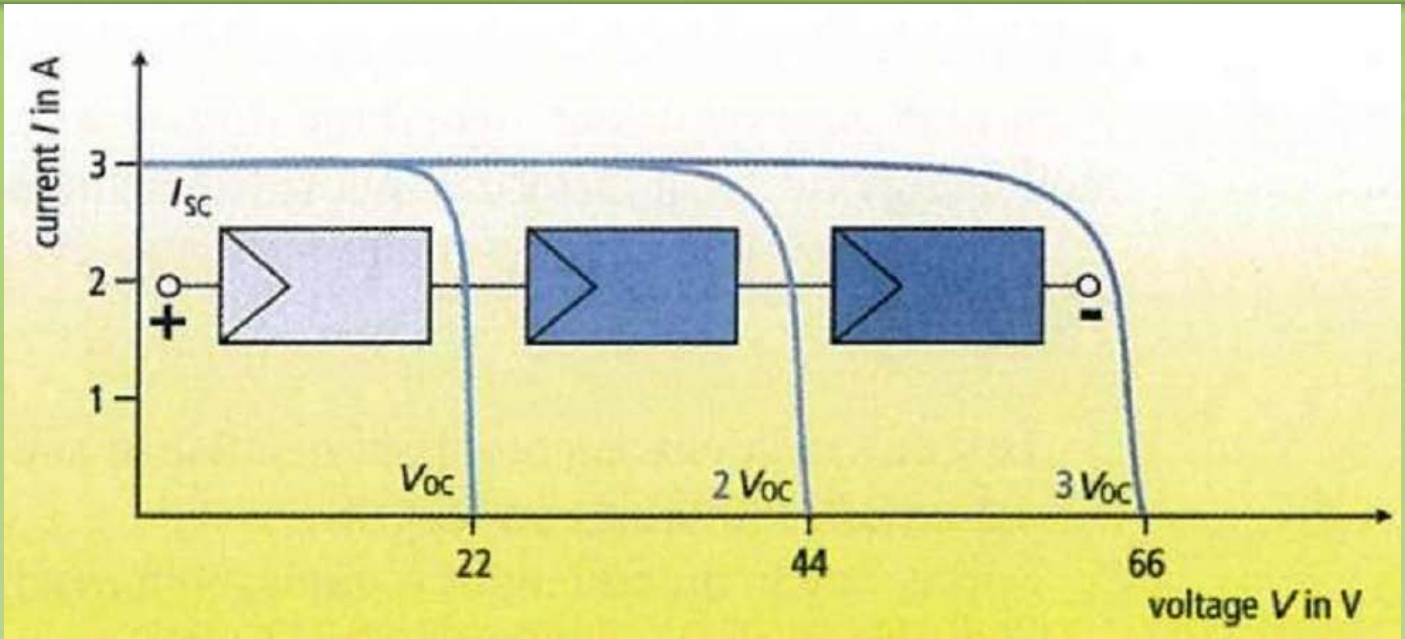
- MC4
- TYCO и др.

ПОВРЗУВАЊЕ НА ФОТОВОЛТАИЧНИ МОДУЛИ

Проектот е кофинансиран од ЕУ преку Интеррег - ИПА програмата за прекугранична соработка Бугарија – Македонија 2014-2020

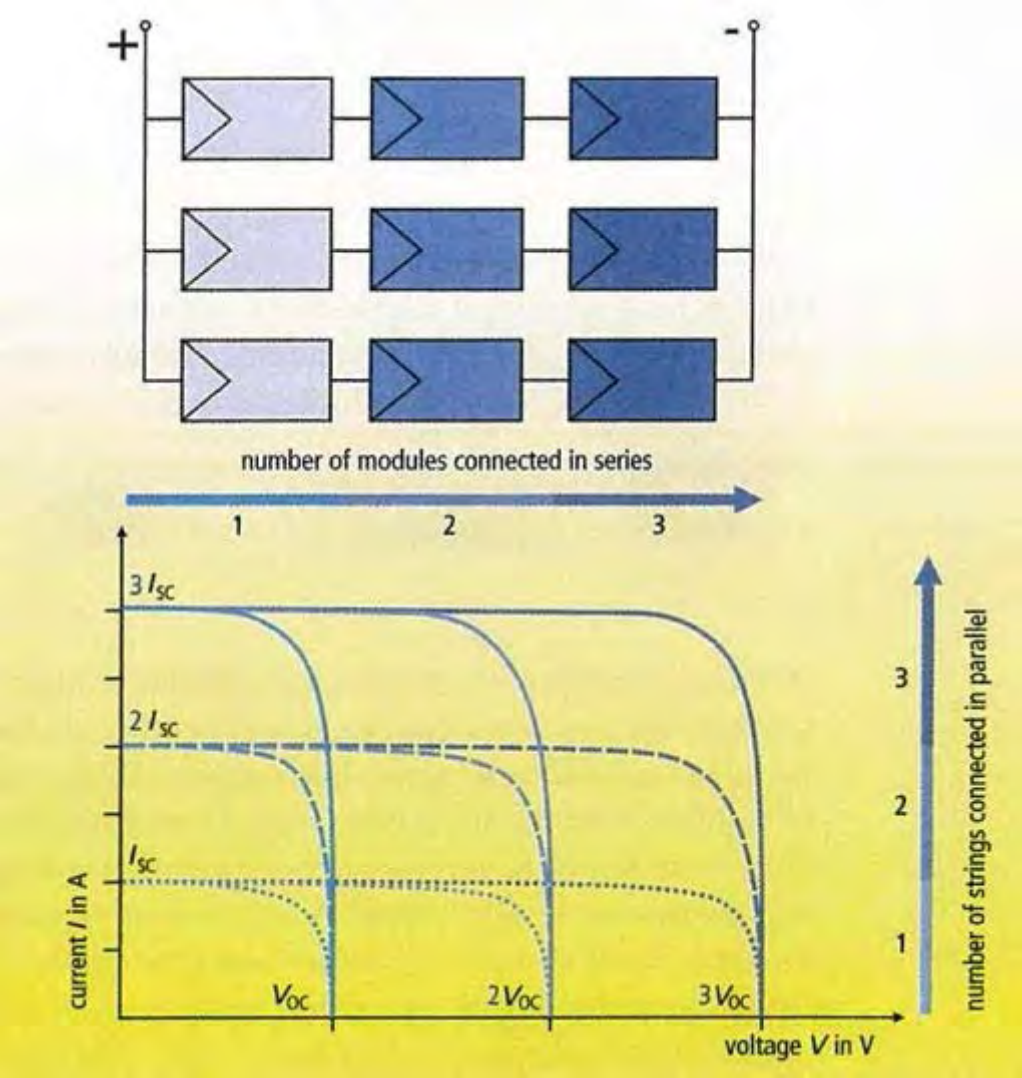
ПОВРЗУВАЊЕ НА ФОТОВОЛТАИЧНИ МОДУЛИ

- ФВ генератор се состои од повеќе модули врзани во серија и паралелно
- Повеќе модули, врзани во серија формираат низа (string)
- Со сериско врзување на модулите се добива потребниот работен напон



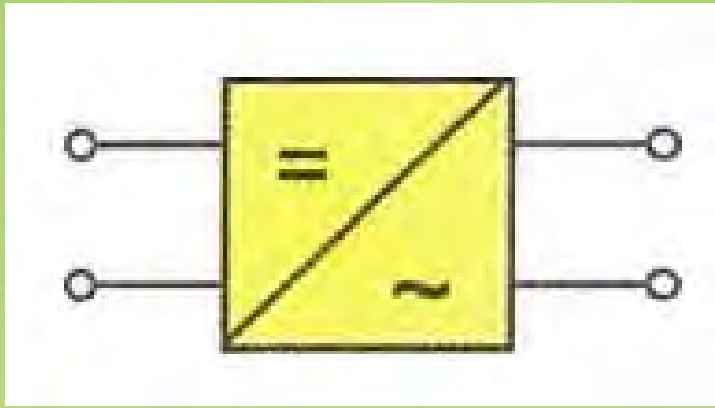
ПОВРЗУВАЊЕ НА ФОТОВОЛТАИЧНИ МОДУЛИ

- За добивање на поголема струја, повеќе стрингови се врзуваат паралелно



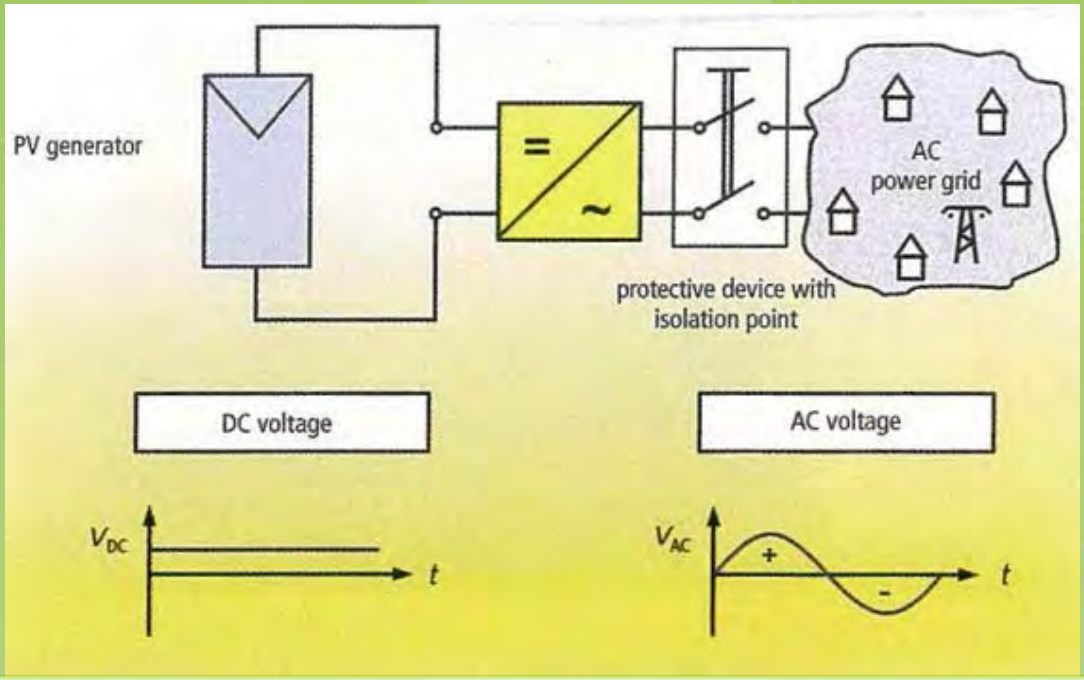
ИНВЕРТОРИ

- Напонот и струјата од ФВ генератор се еднонасочни
- За да може да се поврзуваат со електродистрибутивната мрежа или да снабдуваат наизменични потрошувачи се користат инвертори
- Инверторите вршат претворба на еднонасочните напони и струи во наизменични



Проектот е кофинансиран од ЕУ преку Интеррег - ИПА програмата за прекугранична соработка Бугарија – Македонија 2014-2020

ИНВЕРТОРИ ВРЗАНИ НА МРЕЖА

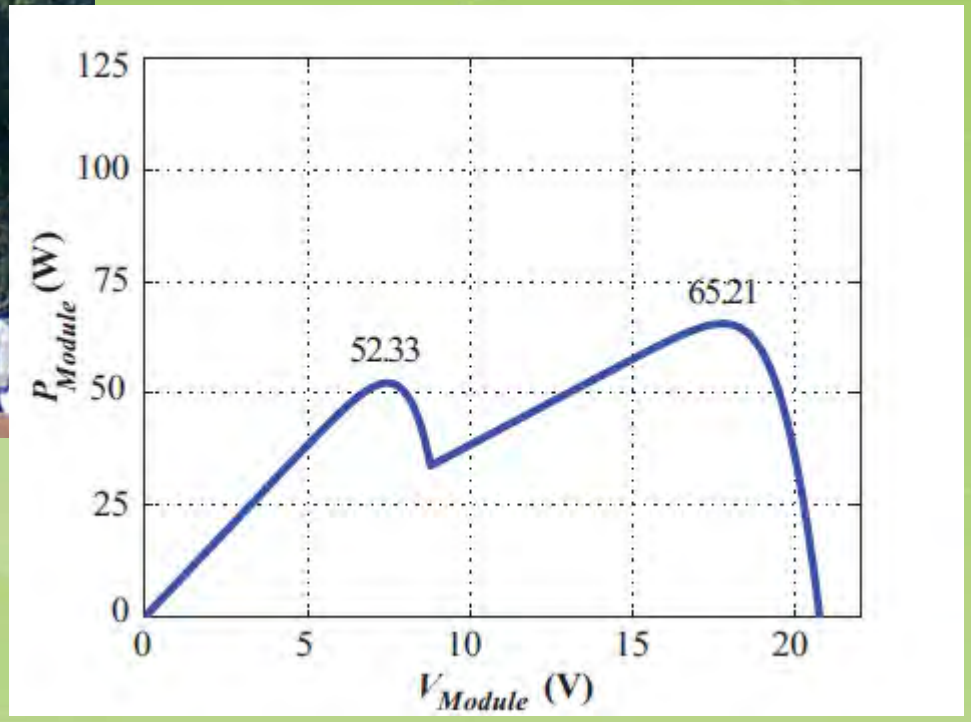


Современите инвертори покрај DC/AC конверзијата вршат и:

- **Прилагодување на работната точка на ФВ генераторот за да работи во режим на максимална моќност (MPPT)**
- **Контрола на реактивната енергија, заштита, мониторинг, ...**

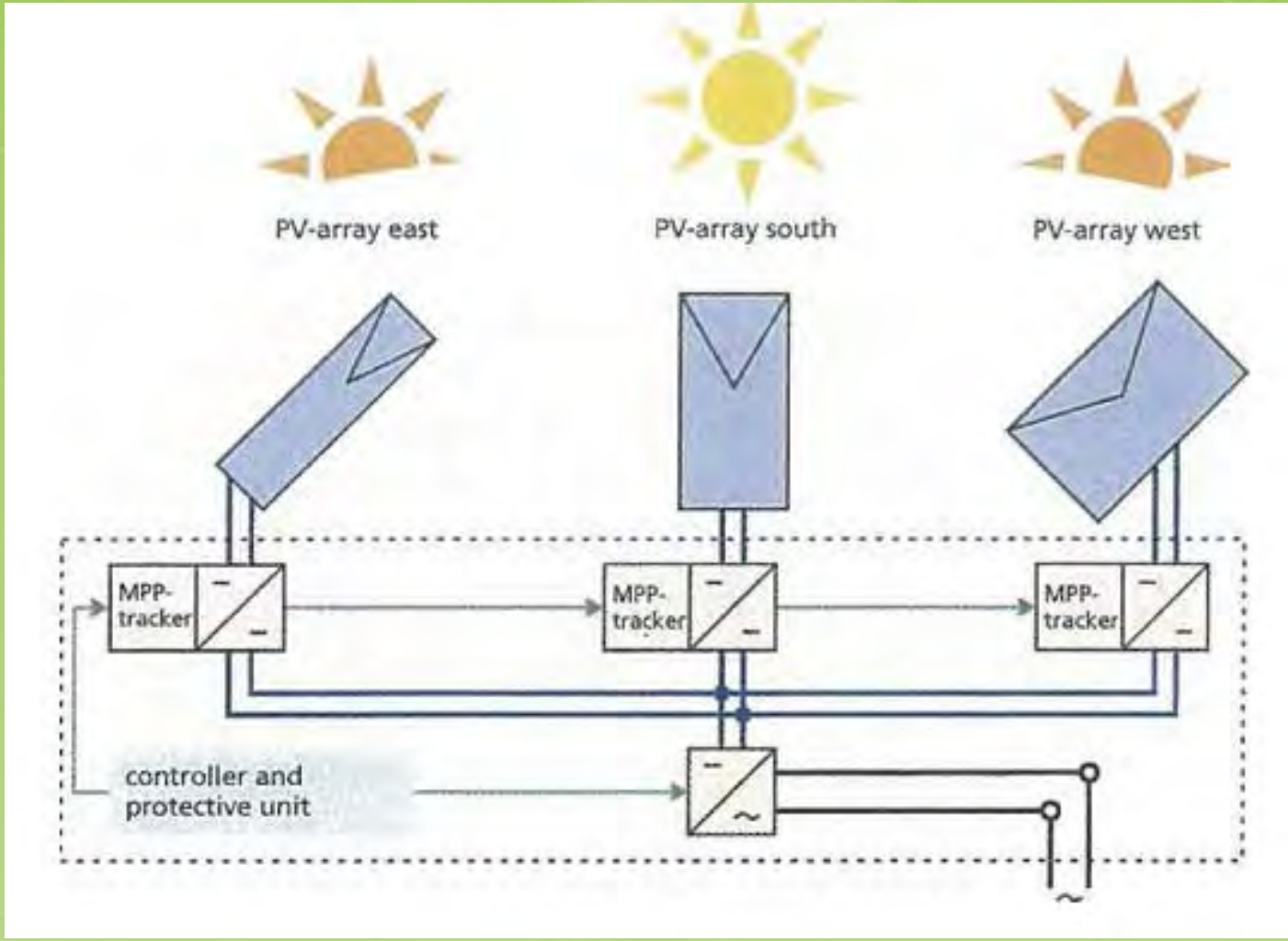
Проектот е кофинансиран од ЕУ преку Интеррег - ИПА програмата за прекугранична соработка Бугарија – Македонија 2014-2020

МОЌНОСТ ПРИ ЗАСЕНЕТИ МОДУЛИ

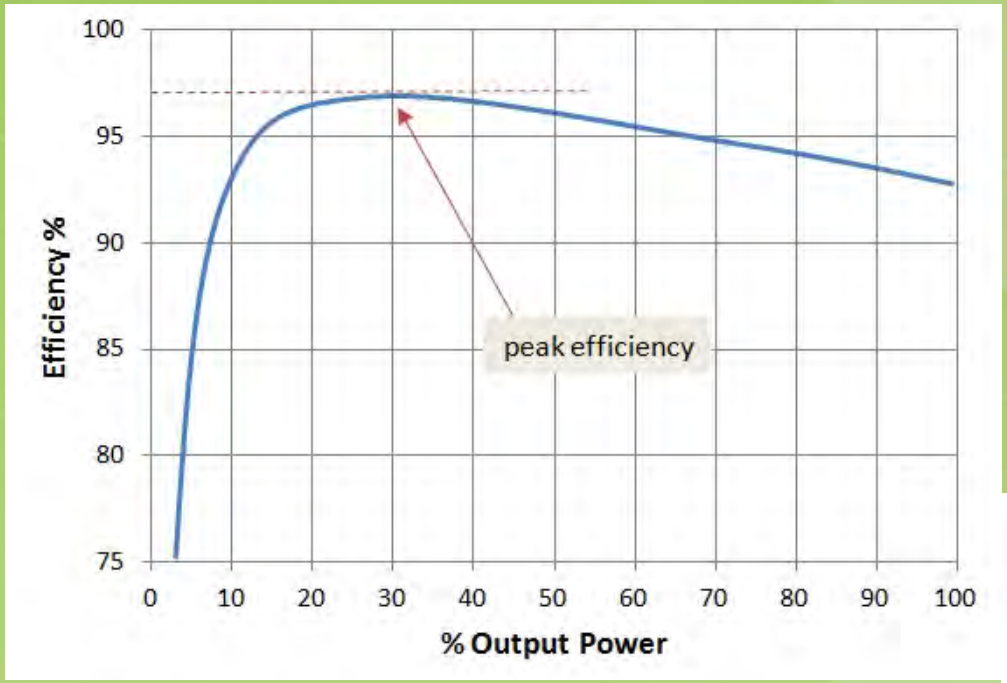


Проектот е кофинансиран од ЕУ преку Интеррег - ИПА програмата за прекугранична соработка Бугарија – Македонија 2014-2020

ИНВЕРТОРИ СО ПОВЕЌЕ MPPT-а



ЕФИКАСНОСТ НА ИНВЕРТОРИТЕ (peak, CEC, EURO)



$$\eta_{\text{inv}} = \frac{P_{\text{AC}}}{P_{\text{DC}}}$$

California Energy Commission (CEC) weighted efficiency

$$\eta_{CEC} = 0.04 \cdot \eta_{10\%} + 0.05 \cdot \eta_{20\%} + 0.12 \cdot \eta_{30\%} + 0.21 \cdot \eta_{50\%} + 0.53 \cdot \eta_{75\%} + 0.05 \cdot \eta_{100\%}$$

European weighted efficiency

$$\eta_{EU} = 0.03 \cdot \eta_{5\%} + 0.06 \cdot \eta_{10\%} + 0.13 \cdot \eta_{20\%} + 0.10 \cdot \eta_{30\%} + 0.48 \cdot \eta_{50\%} + 0.20 \cdot \eta_{100\%}$$

Проектот е кофинансиран од ЕУ преку Интеррег - ИПА програмата за прекугранична соработка Бугарија – Македонија 2014-2020

ddimitar@feit.ukim.edu.mk