



УНИВЕРЗИТЕТ СВ. “КИРИЛ И МЕТОДИЈ”-СКОПЈЕ
Факултет за електротехника и информациски
технологии



Техноекономски аспекти на фотоволтаичните системи

Проф. Д-р. Атанас Илиев
ailiev@feit.ukim.edu.mk



EnerGAIN

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

Дискусија - критериум

- ТЕХНИЧКА vs ЕКОНОМСКА ефикасност
- Технологија и инженеринг
 - Конструкција на производи и сервиси со познавање и примена на законите на физиката
 - Техничката ефикасност е секогаш ПОМАЛА од 1
- Економија (Benefit/ Cost – анализа)
 - Анализа на вредноста и исплатливоста на производите и услугите во економска смисла
 - Очекувањата на Инвеститорот се дека економската ефикасност ќе биде ПОГОЛЕМА од 1

Главни карактеристики на еден проект на фотоволтаичен систем

- Се преземаат да се постигне определена цел со загарантиран квалитет
- Ограничен буџет
- Интензивни инвестиции на почетокот на проектот
- Релативно мал трошок за одржување
- Мали варијации на средногодишното сончево зрачење за дадена локација
- Намалување на ефикасноста на фотоволтаичните панели во тек на периодот на експлоатација
- Неизвесност, непрецизност и неопределеност на влезните податоци

Суштинска параметри за техноекономска анализа на фотоволтаичните системи

- Инвестиција на реализација на PV системот
- Очекувано годишно производство на ЕЕ
 - Добивка од продажба на електричната енергија,
 - Субвенционирана цена (feed in тарифи)
- Дополнителни трошоци за одржување, надградба и конзервација на системот
- Животен век на проектот
- Стапката на актуализација за да се опфати временската димензија на вредноста на парите
- Гаранции, осигурување, ризик од технологијата

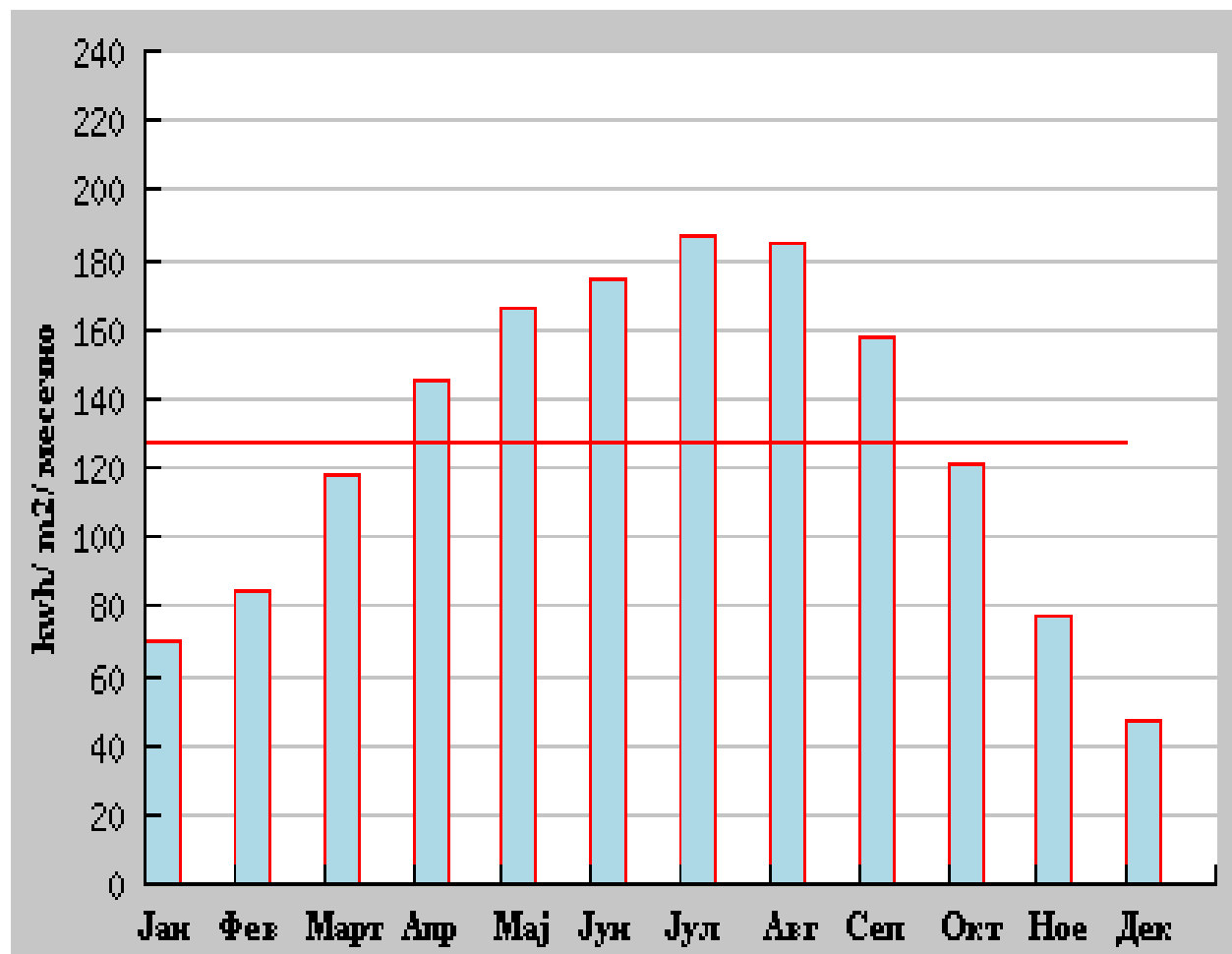
Дистрибуција на сончево зрачење по месеци во Штип

Вкупна годишна ирадијација (kWh/m^2) – 1537

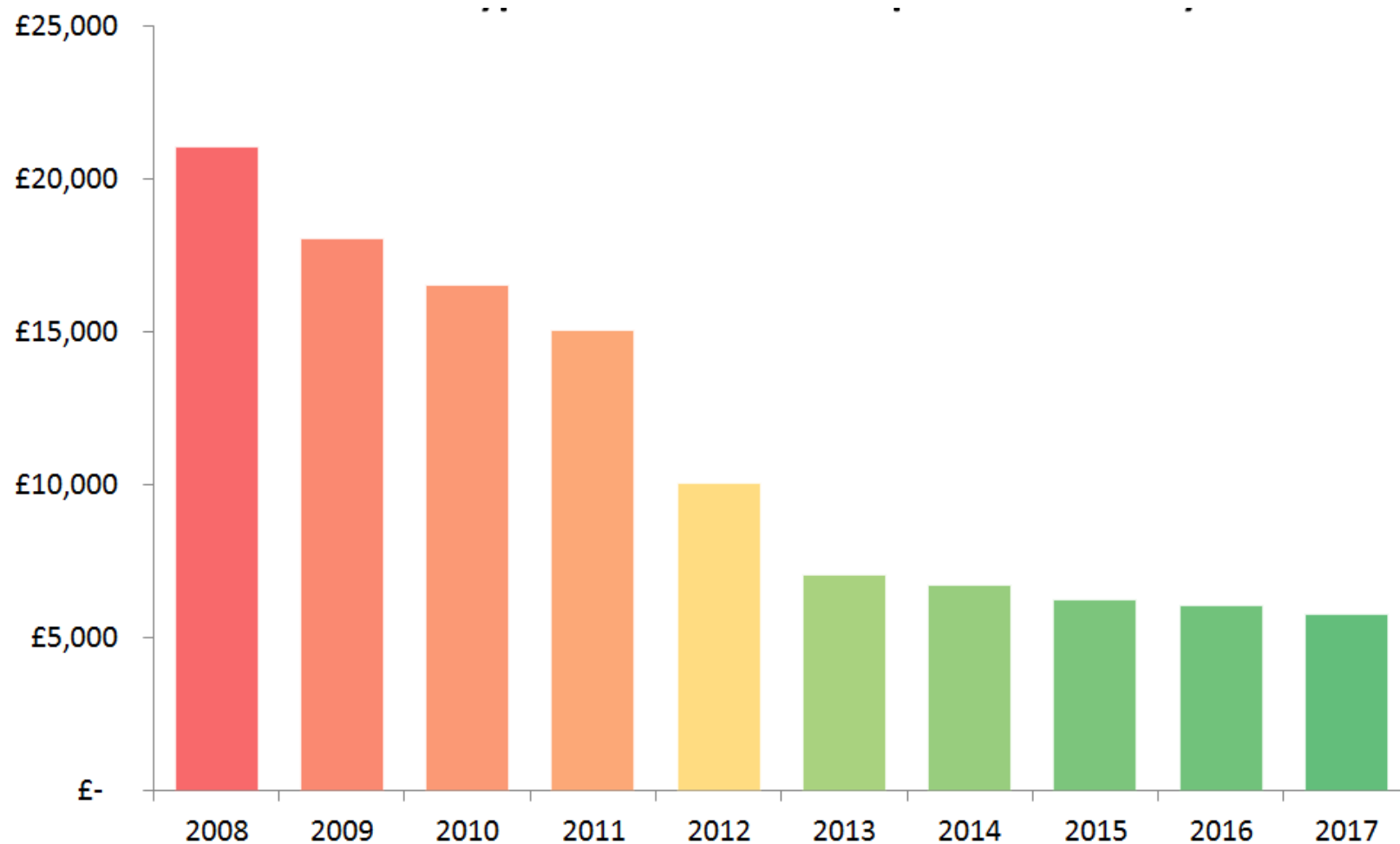
Просек по месец – 128 (kWh/m^2)

Стандардна девијација 49,53 (kWh/m^2)

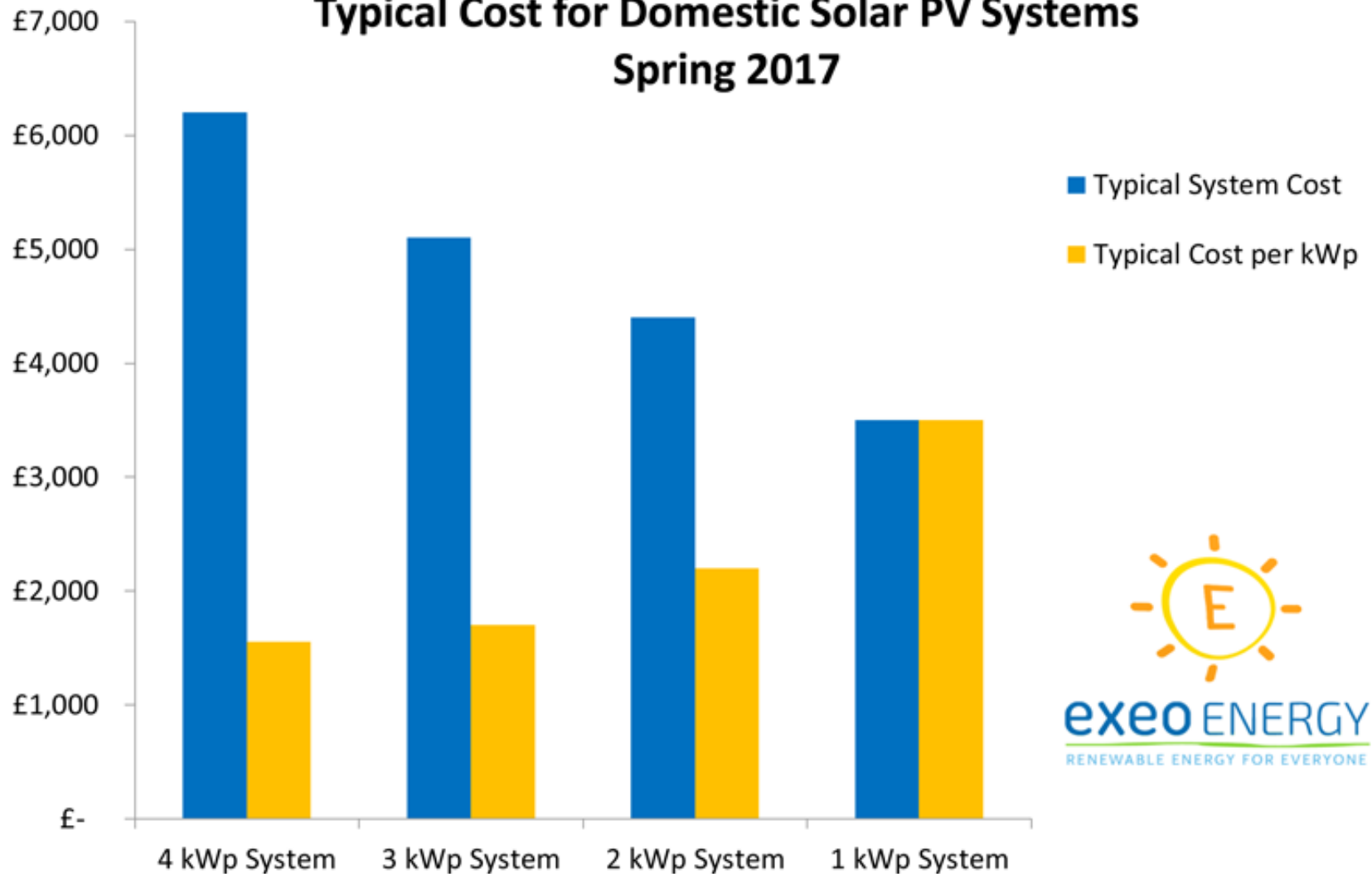
Количник јули/декември= 4,1



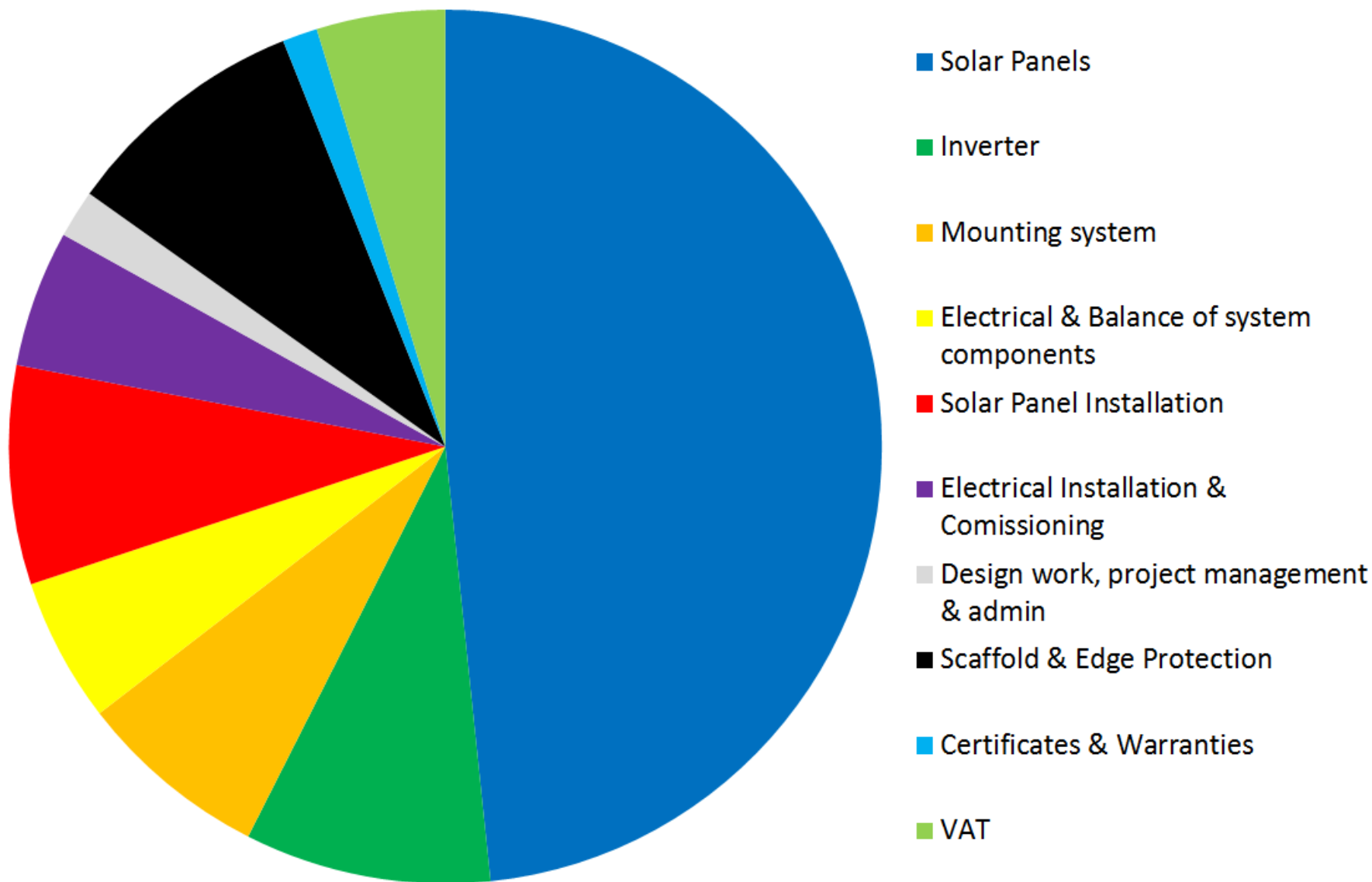
Трошок за 4 kWp панелен сончев систем



Typical Cost for Domestic Solar PV Systems Spring 2017

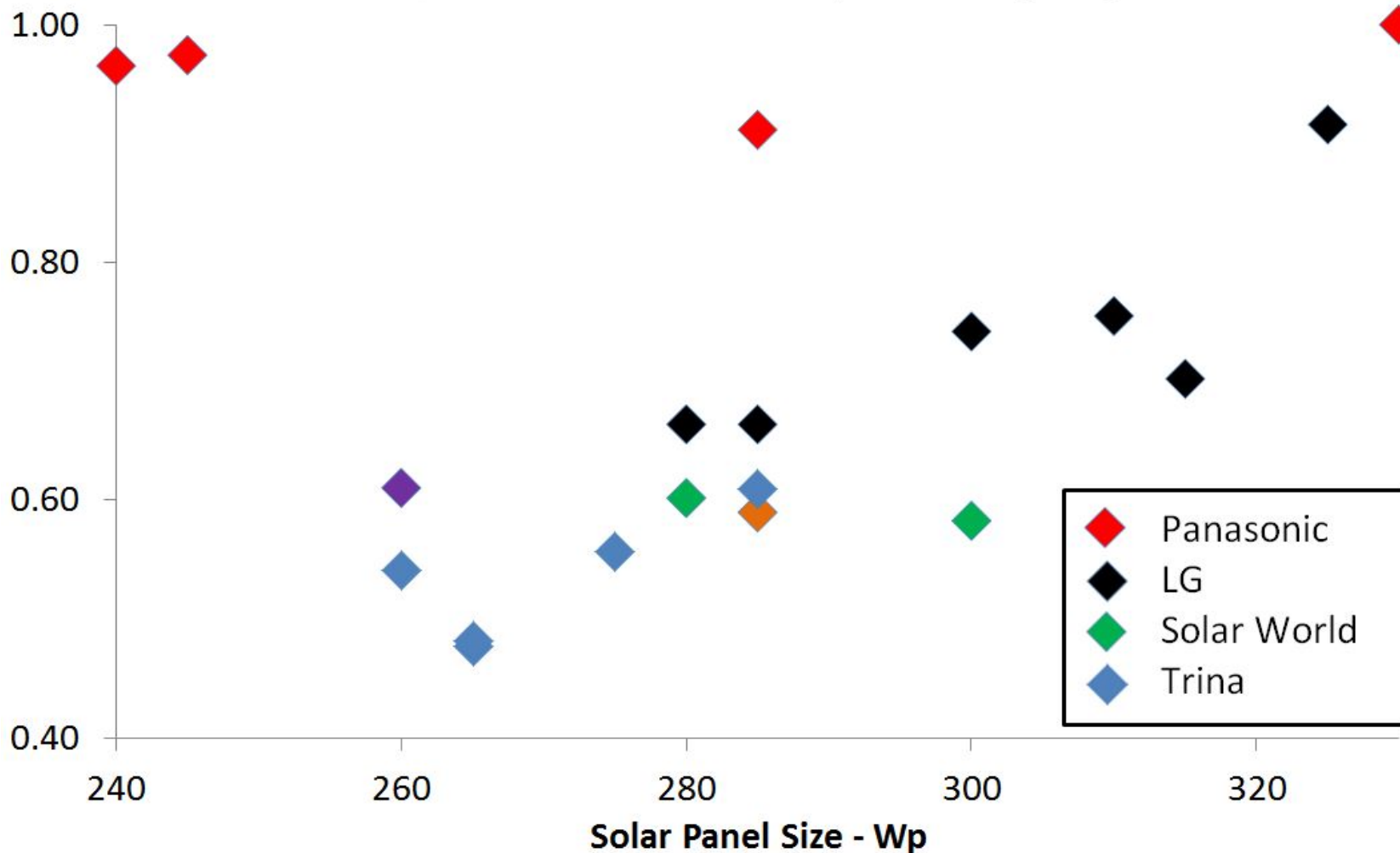


Структура на трошоци на PV систем



Специфична цена на соларни панели во зависност од производителот и големината на соларнот панел

Relative £/W of different solar panels - Spring 2017



Методи за економска валоризација на вложувањата во PV системи

- **Без уважување на временската димензија на парите**
 - Време на повраток на инвестицијата
- **Со уважување на временската димензија на парите (дисконтирање на паричните токови на референтна година)**
 - Време на повраток на инвестицијата
 - Нето сегашна вредност (Net Present Value)
 - Анализа ефекти/трошоци (Benefit/Cost анализа)
 - Внатрешна стапка на рентабилност

Време на повраток на инвестицијата

- Со методот повраток на вложените средства (Pay Back Period - PBP) се проценува времето потребно за да се врати износот на вложените средства.

$$NPV = \sum_{i=0}^T \frac{B_i - C_i}{(1 + s_a)^i} = \sum_{i=0}^T \frac{B_i}{(1 + s_a)^i} - \sum_{i=0}^T \frac{C_i}{(1 + s_a)^i} = \sum_{i=0}^T \frac{CF_i}{(1 + s_a)^i} > 0$$



EnerGAIN

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

- Нето сегашна вредност

$$NPV = \sum_{i=0}^n \frac{B_i - C_i}{(1 + s_a)^i} = \sum_{i=0}^n \frac{B_i}{(1 + s_a)^i} - \sum_{i=0}^n \frac{C_i}{(1 + s_a)^i} = \sum_{i=0}^n \frac{CF_i}{(1 + s_a)^i} > 0$$

- Индекс на профитабилност

$$PI = \frac{B}{C} = \frac{\sum_{i=0}^n \frac{B_i}{(1 + s_a)^i}}{\sum_{i=0}^n \frac{C_i}{(1 + s_a)^i}} > 1$$

Внатрешна стапка на рентабилност (Internal Rate of Return)

- Стапка на актуализација при која нето сегашната вредност станува еднаква на 0

$$NPV = \sum_{i=0}^n \frac{B_i}{(1 + IRR)^i} - \sum_{i=0}^n \frac{C_i}{(1 + IRR)^i} = \sum_{i=0}^n \frac{B_i - C_i}{(1 + IRR)^i} = 0$$

- Критериуми за прифатливост
 - Проектот е прифатлив доколку пресметаниот IRR е поголем од каматната стапка на средствата со кои се финансира проектот и
 - Се бара пресметаниот IRR да биде поголем од бараната стапка за повраток на капиталот (Required Rate of Return).

Начини на финансирање

- Сопствени средства
 - Можат да се вложат во банка или да се инвестираат во проект на ФВ централа
 - $FV = PV (1+k)^n = 6000(1+0,02)^{20} = 8916€$
- Средства обезбедени преку кредитирање

Кредит 6000 € со $k=6\%$ на 5 години $A=1424 €$

Кредит 6000 € со $k=7\%$ на 10 години $A=815 €$

Кредит 6000 € со $k=8\%$ на 15 години $A=700 €$

Средства обезбедени преку грантови
- Средства обезбедени преку инвестиции или донации
- Комбинација на претходно наведените начини

Анализи

- Сопствено производство на електрична енергија во домаќинства
- Продажна цена на ЕВН скапа тарифа 5,56 ден, ефтина тарифа 2,78 ден + 18% ДДВ

	Цена €	Е (kWh/год)	Одржување €/год
3 kW	4000	4200	60
4 kW	5000	5600	75
5 kW	6000	7000	90

Време (во години) на повраток на инвестицијата во зависност од стапката на актуализација

	0%	2%	4%	5%
3 kW	11,2	14.2	19,2	27,3
4 kW	10,7	12,8	16.4	20,2
5 kW	10,2	12,1	15,2	17,8



Нето сегашна вредност на проектот (во евра) во зависност од бројот на години на експлоатација на ФВ – системот при $s_a=4\%$

	20	25	30	35
3 kW	87,42	484	728	853
4 kW	550	1104	1455	1667
5 kW	1012	1723	2181	2439

Заклучок

- Потребни се поттикнувачки механизми за да се охрабрат домаќинствата да инсталираат сончеви панели на покривите на своите куќи.
 - Предлог: да се предвиди субвенција од државата за домашни ФВ системи во висината што ќе обезбеди времето на повраток на инвестицијата на 7-8 години (проценка околу 30% од вредноста)
- Економската исплатливост на вложувањата се очекува во иднина да се зголеми заради:
 - Намалување на цената на инсталација на домашен ФВ систем
 - Зголемување на цената на електрична енергија
 - Обезбедување на зелени кредити со каматна стапка блиска до 0%

Заклучок

- Потребно е да се регулира инјектирањето на вишокот енергија од домашните ФВ системи во дистрибутивната мрежа. Тоа ќе ја зголеми инвестицијата, но ќе придонесе за намалување на преносните загуби во дистрибутивната мрежа.
- Јасна регулатива и примена на соодветна **feed in** тарифа (на пример, 160 Е/МWh) за плаќање на електричната енергија произведена од домашните ФВ панели ќе стимулира инсталации со моќности >5 kW на кровни конструкции кои имаат можност за тоа.
- Повеќе куќи на блиски локации можат да формираат “балансна група”.

Анализа на случај 2

- Фотоволтаична централа со моќност од **$50 \pm 0,01 \text{ kWp}$**
 - Проценета инвестиција **55000€**
 - Користење на FEED IN тарифа од **160 €/MWh** или **120 €/MWh**
 - Очекувано производство на електрична енергија:
 $E = 65 \text{ MWh}$
-
- Субвенционирани до **50 kW** вкупно **4 MW**
 - Субвенционирани од **50 kW** до **1 MW** вкупно **14 MW**

Време (во години) на повраток на инвестицијата во зависност од стапката на актуализација

	0%	2%	4%	6%
49,99 kW	5,4	6,65	7,1	7,8
50,01 kW	8,2	9,3	10,7	13,1



Нето сегашна вредност на проект на ФВ во зависност од стапката на актуализација (discount rate) за животен век 20 години

	0%	2%	4%	6%
49,99 kW	119.000	85.160	59.400	39.600
50,01 kW	71.400	46.000	26.700	11.806



Заклучоци

- Инвестирањето во фотоволтаични системи до 50 kW_p од економска страна е прифатлив предизвик.
- Законската рамка не предвидува континуирана туку нагла скоковита промена на feed in тарифата за инсталирана моќност под и над 50 kW_p
- Ограничените инсталираности што се субвенционираат може да претставуваат пречка за поголемо инвестирање во искористувањето на сончевата енергија за производство на електрична енергија, посебно кога се бара зголемен удел на обновливите извори на енергија (20% до 2020 година).