

Ценова канибализация на фотоволтаичната енергия. Описание на явлениято и как могат да се ограничат отрицателните последствия за инвеститорите

проф. д-р Христо Василев
Технически Университет - София

Потенциал на PV технологията

Върху територията на страната годишно попада над 500 пъти повече слънчева енергия, от която с настоящите PV технологии можем да получим над 50% (останалите 50% от електричеството ще бъдат произведени с други технологии) от необходимото ни годишно количество електричество за всички отрасли на страната (домакинства, индустрия, транспорт, комунален сектор и т.н.) с производствена цена между 25 - 35 €/MWh. Това е море от енергия, което през следващите години ще става по-голямо, вследствие повишаване на ефективността на PV панелите (от 22.8% днес до около 30% - 2030 година и 35% - 2035 година).

Потенциал на PV технологията

Тук е уместно да направим аналогия с българската поговорка „Вода гази, жаден ходи“, като аналогията е следната „Намираме с в море от енергия, а има много енергийно бедни и други, които се затрудняват да заплащат сметките си за енергия“. Към поговорката трябва да се добави, че въпреки морето от енергия около нас, ние купуваме скъпи и прескъпи течни горива и природен газ. Като се говори за енергия, се има предвид електрическата енергия за хранване на електрическите уреди в домакинството, за получаване на топлинна, охладителна енергия и топла вода, и електричеството, необходимо за замяна на течните горива за автомобилите на домакинството

Terawatt Workshop

Terawatt Workshop е глобален семинар, обединяващ 43 броя научни организации в енергийните технологии от 18 страни. Водещите научни организации са следните:

- NREL – американската лаборатория по възобновяема енергия;
- Fraunhofer – ISE – германска научна организация в областта на PV технологиите;
- Японският национален институт за напреднали индустриални науки и технологии.

Изследователите от Terawatt твърдят, че фотоволтаиците (PV) с ниска мощност са реалната възможност за декарбонизация и постигане на целите на Net Zero към 2050 година. Глобалното чакане на енергийни пробиви и други енергийни пътища до последния момент е стратегия, която светът не може да си позволи. Чакането на „енергийното чудо“ вече не е опция и поради това те предвиждат ускорено изграждане на PV централи в глобален мащаб, като към 2050 година кумулативния глобален инсталиран PV капацитет да достигне 75 TW.

Съгласно прогноза на ООН от 2021 г., населението на Земята ще достигне 9,7 милиарда към 2050г. На 15.11.22 г. населението на земята достигна 8 милиарда души. При глобална инсталирана мощност от 75 TWp към 2050 г. и прогнозиран брой жители от 9,7 милиарда, относителната инсталирана мощност на 1 жител ще бъде 7,73 kWp и годишна генерация на електрическа енергия в размер на около 10,5 MWh/год. В момента глобалната инсталирана PV мощност е 1 TW, т.е. в следващите 27 години тази PV мощност ще трябва да се увеличи 75 пъти.

За да се постигне тази цел, ще бъде необходим годишен ръст в глобалното PV производство в размер на 25%, което означава, че към 2035 г. ще се постигне глобално годишно инсталиране на около 4,36 TWp, което ще осигурява годишна генерация около 6 PWh. Към 2050 година глобалната годишна генерация от изградените PV централи ще бъде около 101.25 PWh (1PWh = 10¹⁵ Wh). Това годишно количество енергия може да се произведе от 12500 броя атомни реактора всеки с мощност 1 GW. В момента в глобален мащаб има инсталирани около 430 броя атомни реактора.

След 2035 година годишно инсталираните мощности остават относително постоянни, т.е. 4,36 TWp/год.

Годишно нарастване на глобалните и кумулативни инсталирани PV мощности, и годишно нарастване на глобалната и кумулативна генерирана PV енергия- табл. 1

Год.	Инсталирани PV мощности		Годишна генерация на PV енергия	
	Годишно инсталирани	Кумулативно инсталирани	От годишно инсталирани	От кумулативно инсталирани
	TWp	TWp	PWh/год.	PWh/год.
2023	0,3	1,3	0,405	1,755
2025	0,47	2,54	0,634	3,43
2030	1,428	7,749	1,928	10,46
2035	4,36	23,46 - 1,46* = 22	5,88	29,7
2040	4,36	45,45 - 2,0* = 43,45		58,66
2045	4,36	65,25 - 3,5* = 61,75		83,36
2050	4,36	80 - 5* = 75		101,25

* - Редуциране на инсталираната мощност, вследствие излизане от експлоатация на монтирани преди 25 – 30 години PV централи.

Ако се приеме, че към 2050 година населението в България, вследствие на подобрени демографски политики, ще бъде около 7 млн. жители, то инсталираните PV мощности в страната се очаква да бъдат:

$$P_{BG} = 7 \times 10^6 \text{ жители} \times 7,73 \text{ kWp/ жител} = 54,11 \text{ GWp}$$

Годишно генерираната PV енергия в страната ще бъде:

$$E_{год PV} = P_{BG} \times 1,35 \text{ MWh/kWp} = 54,11 \times 1,35 = 73 \text{ TWh}$$

За инсталирането на 54,11 GWp PV централи, от които 33% се приема, че ще бъдат покривни и фасадни централи, за останалите 67% ще бъдат поледи, като са необходими около 250 хил. дка площ. В момента енергийната инфраструктура на въглищните мини + ТЕЦ-овете на въглища в страната е около 300 кил. дка.

На заседанието на страните, членки на Г7 + ЕС през месец април 2023 в Япония обявиха своето решение за увеличение на инсталираните PV мощности в страните членки с 1 TWh, което означава, че на всеки жител в тези страни ще има допълнителен инсталиран PV капацитет от 1 kW и допълнително годишно произведена енергия в размер на около 1,3 MWh.

CATL пусна кондензирана батерия с енергийна плътност 500 Wh/kg, позволяваща електрификация на пътнически самолети. Тази батерия използва високо проводими биомиметични електролити в кондензирано състояние, за да изгради самоадаптивна мрежова структура на микронно ниво, което може да регулира интерактивните сили между веригите. По този начин се подобрява проводимостта на клетките и на свой ред ефективността на транспортирането на литиеви йони, и същевременно се повишава стабилността на микроструктурата.

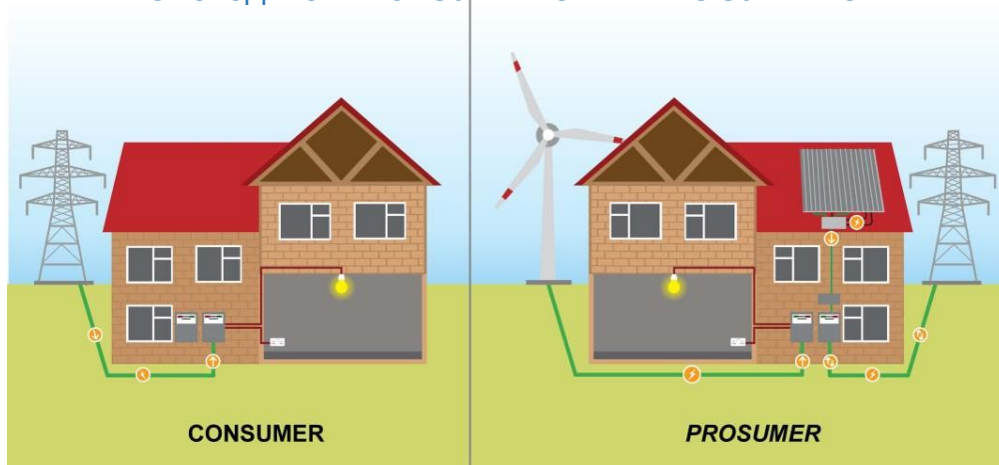
Тъй-като електрификацията се простира от земята до небето, самолетите ще станат по-чисти и по-умни. Пускането на пазара на кондензирани батерии ще постави началото на ера на универсална електрификация на морския, сухопътния и въздушен транспорт, ще отвори повече възможности за развитие на индустрията и ще насърчи постигането на глобалните цели за въглеродна неутралност на по-ранна дата.

PV технология в българските домакинства

- постепенно преминаване на българските домакинства от регулирания към свободния енергиен пазар.
- Технологични решения за производство на ниско ценова зелена енергия от сградния фонд;
- финансови решения за насърчаване на прилагането на техническите решения;
- Организационни решения – енергийни кооперативи.

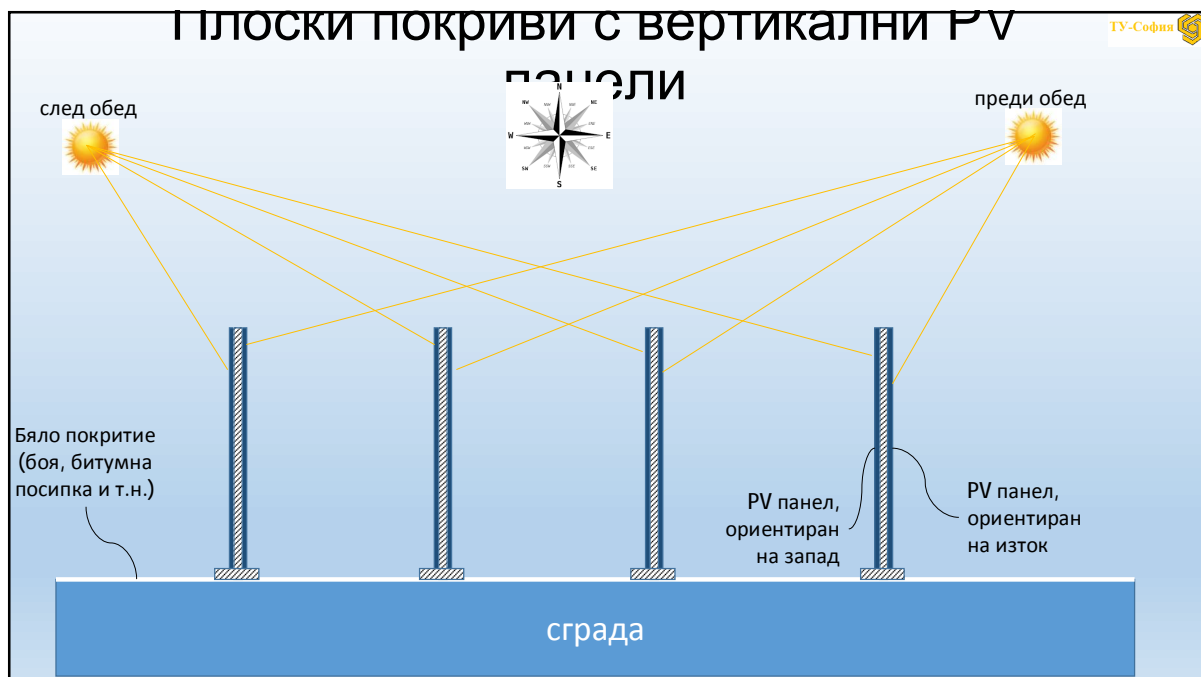
ЦЕЛТА: превръщане на домакинствата от нетни потребители на енергия в нетни производители - потребители на енергия, които произвеждат, консумират, продават и купуват енергия от свободния енергиен пазар.

ПРОИзводител+ консУМАТОР = ПРОСУМАТОР

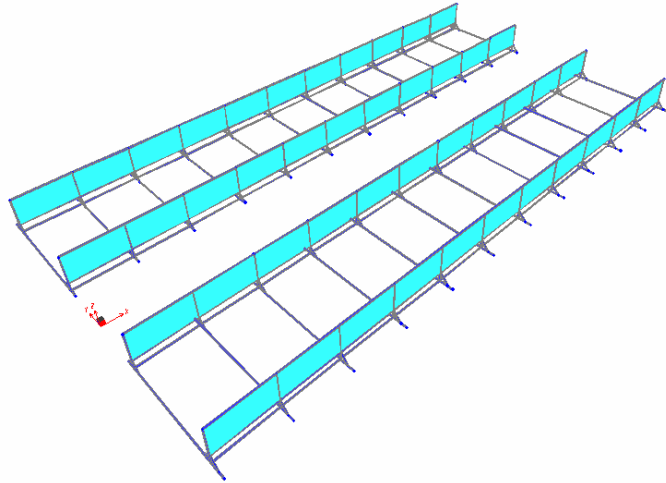


Основните показатели на „Просуматора“ българско домакинство са следните:

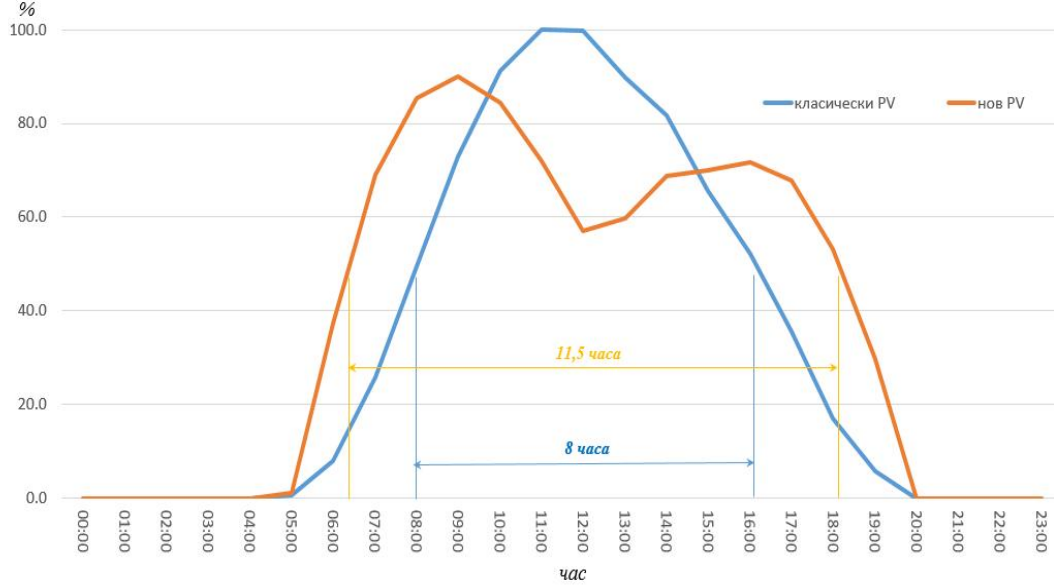
- чрез използването на „Енергиен оптимизатор“ електрическите уреди на домакинството се управляват, така че да консумират в максимална степен собствено произведена енергия;
- чувствително ограничаване на използването на дърва и пелети за отопление и вследствие на това се намаляват емисиите от ФПЧ;
- интегриране на семейния електромобил към „енергийната система“ на домакинството, като основно се зарежда със собствено произведена енергия и в сутрешния и вечерния връх на системата отдава енергия в мрежата.



Пространствен модел на конструкцията с панелите



Сравнение на възможностите за генериране на електроенергия при различни технически решения
 Резултати, получени с помощта на Европейската фотоволтаична географска информационна система (PVGIS) за месец юни, района на София



Предложената нова концепция за вертикални PV панели:

- Осигурява по-голяма часова използваемост на дневната светлина, която при фотоволтаиците се явява основен енергиен ресурс.
- Изместване на върховата стойност на генерация от часовете, когато класическите, южно ориентирани фотоволтаични централи генерират максимално. В тези часове е типично да има излишак на енергия през лятото.
- Намаляване на пиковата мощност на генерацията от 100% на 88%
- Новата концепция и класическите фотоволтаични централи взаимно се допълват.

Предложената нова концепция за вертикални PV панели:

- Ако се разгледа един панелен блок с площ на един етаж 280 m^2
- монтират се общо 120 вертикални панела, разпределени в 4 реда,
- осигури се бяла настилка, която да увеличава максимално алbedo ефекта,
- може да се очаква, че при инсталирана мощност 72 kWp ,
- ще се генерират 122 MWh/год
- или ще имаме $1,7 \text{ MWh/kWp}$.

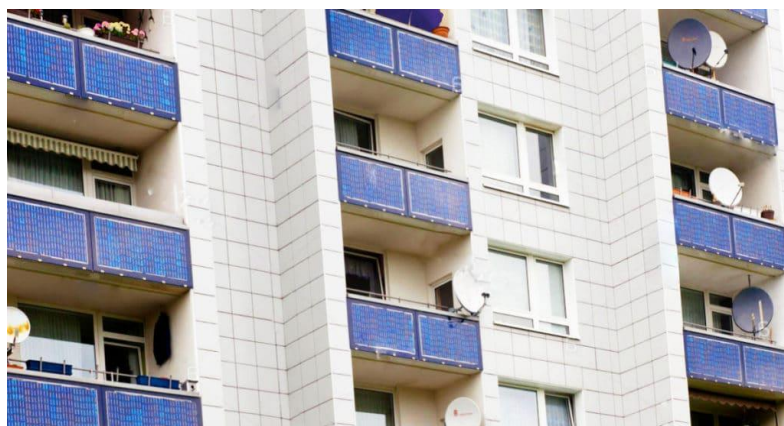
Фасадни фотоволтаици



Соларна PV фасада със зелени панели върху сградата на института Fraunhofer ISE - Германия

На пазара вече се предлагат комбинирани системи за вентилкоито може да се повиши годишната генерация ируеми фасади с фотоволтаици, чрез с около 12%

PV панели върху балконски фасади



Въпреки малките инвестиции и относително лесната инсталация, това е приложение, което на практика отсъства в нашата страна. При смяна на настоящия потискащ облик на панелните квартали трябва да се мисли и за фасадни фотоволтаици.

PV на балконските фасади

- Ефективно е да се инсталират на всички балконски фасади, с изключение на тези на първия етаж и северните такива.
- Мощността на една балконска фасада може да достигне 0,8 KWp,
- инсталираната мощност може да достигне 30 KWp,
- годишната генерирана енергия 25 MWh, т.е. 0,85 MWh/KWp.
- Такива стойности се получават при отчитане на албедото.

Съвременните технологии позволяват покрива и фасадите на жилищните сгради да се използват за производство на енергия

- при това няма шум, вибрации, движещи се части,
- няма емисии на фини прахови частици и CO₂,
- няма разходи за енергоносители (метан, течни горива, въглища),
- основната част от енергията се произвежда там, където се консумира,
- няма разходи за пренос, разпределение, такса мощност, такса обществена солидарност,
- Няма разходи за закупуване или арендуване на земя и последващи разходи за поддръжката на тези площ.
- След като са изградени покривните и фасадни PV централи, те няма да имат нужда „нито от хляб, нито от вода“ и ще работят „безропотно“ повече от „35 плюс“ години за благото на домакинствата.

ПРИМЕРЕН МОДЕЛ НА ЕК

- Разглежда се 8 етажен панелен блок с 3 входа. На всеки етаж има по три апартамента, всеки с площ 84 m². Няма централна топлофикация.
- Енергийни разходи на едно домакинство:
 - топлинна енергия от термopомпа въздух-въздух 4,5 MWh;
 - хладилна енергия от термopомпа въздух-въздух 2,25 MWh;
 - топла вода чрез електрически бойлер 3,5 MWh;
 - всички останали електрически потребители 2,75 MWh;
 - зареждане на компактен семеен електромобил 2,5 MWh.

ПРИМЕРЕН МОДЕЛ НА ЕК

- Потенциал за изграждане на покривни фотоволтаици:
 - инсталирана мощност 72 KWp;
 - годишна генерирана енергия от покривната централа 130 MWh;
- Потенциал за изграждане на фасадни фотоволтаици:
 - инсталираната мощност на балконски фасади 30 KWp,
 - инсталираната мощност на монтираните на източна, западна и южна фасади фотоволтаици 110 KWp,
 - годишната генерирана енергия от фасадна централа 120 MWh.

ПРИМЕРЕН МОДЕЛ НА ЕК

- Потенциал за изграждане на фасадни фотоволтаици:
 - инсталираната мощност на балконски фасади 30 KWp,
 - инсталираната мощност на монтираните на източна, западна и южна фасади фотоволтаици 110 KWp,
 - годишната генерирана енергия от фасадна централа 120 MWh.
- Обща годишна консумация на разглеждания панелен блок:
 - 72 апартамента, всеки по 15,5 MWh/год = 1 116 MWh/год
- Обща годишна генерация на инсталираните фотоволтаици:
 - Общо покривна и фасадна инсталации 250 MWh/год

ПРИМЕРЕН МОДЕЛ НА ЕК

- Чрез фотоволтаични централи теоретично може да се покрие 22% от общата консумирана енергия.
- В случаите, когато топлинната енергия се получава от централна топлофикация, годишната консумация на сградата ще бъде 612 MWh, а фотоволтаичната инсталация теоретично може да покрие 40% от консумацията на електроенергия.

В таблица 2 е представено разпределението между частните и публични инвестиции и графика на изпълнение по години

ФИНАНСОВИ АСПЕКТИ

Година	Брой домакинства, участници в проекта	Частни инвестиции	Публични инвестиции	Общи инвестиции	Инвестиции за присъединяване
	хил. броя	мил. €	мил. €	мил. €	мил. €
2023	25*	56	56	112	10
2024	150	338	338	676	56
2025	350	788	788	1576	131
2026	350	788	788	1576	131
2027	350	788	788	1576	131
2028	350	788	788	1576	131
2029	350	788	788	1576	131
2030	75	168	168	336	29
Обща сума	2000	4500	4500	9000	750

*Демонстрационни проекти, разпределени по всички области на страната

табл. 2

Въздействието на всички по горе изброени фактори (с изключение на течните горива) върху приходите в бюджета и редуцирането на годишните държавни разходи вследствие изпълнението на проекта, е представено в таблица 3.

ОБОБЩЕНИ РЕЗУЛТАТИ

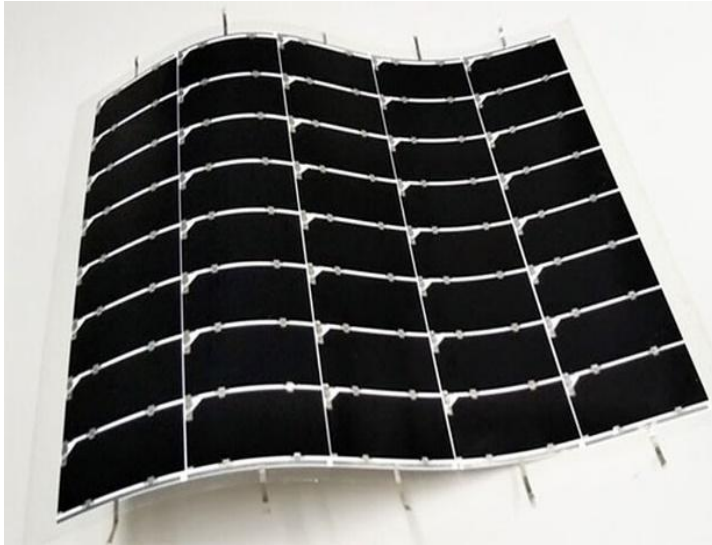
Година	Брой домакинства	Публични инвестиции в проекта	Приходи в бюджета от проекта	Редуциране на държавни разходи вследствие изпълнението на проекта	Общи год. приходи + редуциране на разходите
	хил. броя	мил. €	мил. €	мил. €	мил. €
2023	25	56	20	30	50
2024	150	338	67	203	270
2025	350	788	165	528	693
2036	350	788	230	725	955
2027	350	788	290	810	1100
2028	350	788	350	995	1345
2029	350	788	410	1180	1590
2030	75	168	500	1025+150	1675
Обща сума	2000	4500	2032	5646	7683

табл. 3

Електрификация на транспорта



Фотоволтаичен соларен панел от 145 W, произведен за комплекта за соларизация и инсталиран на Renault Zoe



*Лек, гъвкав соларен
модул с ефективност
на преобразуване от
32,65%*

Общ вид на вертикална полева PV
центра, която е изградена на земя



Технологията ULCS



Фотоволтаична географска информационна система PVGIS. Научен център на ЕС. Служба за наука и знания на Европейската КОМИСИЯ

Службата за наука и знания на Европейската комисия е разработила „Фотоволтаична географска информационна система PVGIS“, ползването на която е бесплатно и има за цел да ускори внедряването на PV енергия в глобален мащаб.

Фотоволтаичната географска информационна система (PVGIS) има следните три инструмента:

- Инструмент за PV ефективност;
- Инструмент за слънчева радиация;
- Инструмент TMY (Typical Meteorological Year).

- Изследване на възможността на вкарване на компресиран зелен водород в съществуващата газопреносна мрежа на страната
- Приема се, че енергийното съдържание на зеления водород в газовия микс ($\text{CH}_4 + \text{H}_2 = 100\%$) постепенно ще достигне 25%.
- На базата на последните достижения при производството на електролизьори и производството на PV енергия е създадено техническо решение, с което се постига цена на водорода 2,15 €/kg → 54,4 €/MWh.

- Приема се, че средната годишна цена на природния газ, вследствие диверсификацията на доставките ще бъде $C_{\text{CH}_4} = 80$ лв/MWh и цената на квотите за $\text{CO}_2 \rightarrow C_{\text{квоти}} = 100$ €/тон CO_2 и осреднен емисионен фактор $K_{\text{ем}}$ за различните технологични процеси :

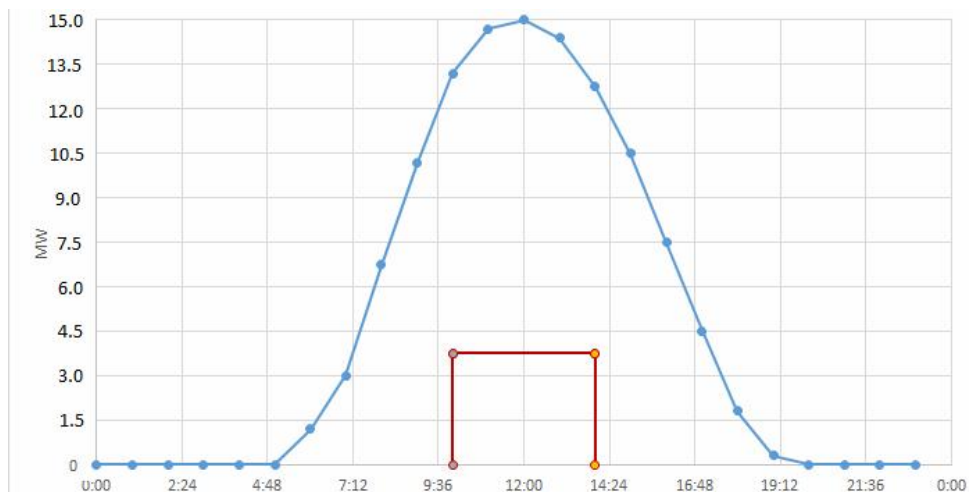
$$K_{\text{ем}} = 250 \text{ kg CO}_2 / \text{MWh}$$

- Сумарните цени $C_{\text{сум.}}$ на потребителите на природен газ с енергийно съдържание 1 MWh ще бъдат:

- $C_{\text{сум.}} = C_{\text{CH}_4} + C_{\text{квоти}} = 80 \text{ лв/MWh} + 0,25 \text{ тона CO}_2 / \text{MWh} \times 100 \text{ €/тон CO}_2 = 40,9 \text{ €} + 25 \text{ €} = 65,9 \text{ €/MWh}$

- $C_{\text{микс}} = 0,25 \times 54,4 \text{ €} + 65,9 \text{ €} \times 0,75 = 13,6 \text{ €} + 49,43 \text{ €} = 63,03 \text{ €/MWh}$

т.е. цената на газовия микс за потребителите ще бъде с 2,87 €/MWh по-ниска в сравнение с цената на природния газ. С предстоящите европейски изисквания за зелени продукти (стомана, цимент, стъкло, керамика, изкуствени торове и т.н.) използването на зелена енергия при производството на горепосочените продукти ще става изключително актуална тема. С развитието на двете технологии (електролизьори + PV) цените на зеления водород ще намаляват и цените за крайните потребители на газовия микс също ще намаляват.



- **Потенциал на технологията 25% газов енергиен микс ($\text{CH}_4 + \text{H}_2$)**
- Годишното потребление на природен газ в страната е около 3,2 млрд. m^3 с енергийно съдържание $10,6 \text{ kWh/Nm}^3 \text{ CH}_4$. Общото енергийно съдържание на това количество природен газ в страната е около 34 TWh. Ако се постигне целта за създаване на газов микс с 25% H_2 , то вноса на природен газ ще се намали с около 8,5 TWh. При средна годишна цена на природния газ от 80 лв/MWh, годишните разходи за внос на природен газ ще се **намалят с около 680 млн. лева. Ще се намалят годишните разходи за закупуване на квоти за CO_2 от потребителите на природен газ в размер на 425 млн. лева. Общия годишен ефект от реализацията на този проект се очаква да бъде около 1300 млн. лева.**

Описание на явленияето „Ценова канибализация на PV енергията“

- **Предпоставки за първите прояви на явленияето**
- Обикновено това се случва в слънчевите и топли почивни и празнични дни на месеците април и май. В тези два месеца дневната генерация на PV централите непрекъснато нараства, а потреблението на електрическа енергия от индустрията намалява, тъй-като в почивните и празнични дни остават да работят индустриите с непрекъснати технологични процеси, фирмите от сферата на обслужването и някои други.

Описание на явленияето „Ценова канибализация на PV енергията“

- Всички инсталирани PV централи в страната имат генерационни криви, на които максимумите на генерация почти напълно съвпадат (максималната времева разлика е около 15 минути) във времето. Ако инсталираните PV мощности в страната са около 2 GWp (тази стойност се получава в края на месец юни и началото на юли), това означава, че края на април и началото на май може да достигне 1,6 GW.

Описание на явлението „Ценова канибализация на PV енергията“

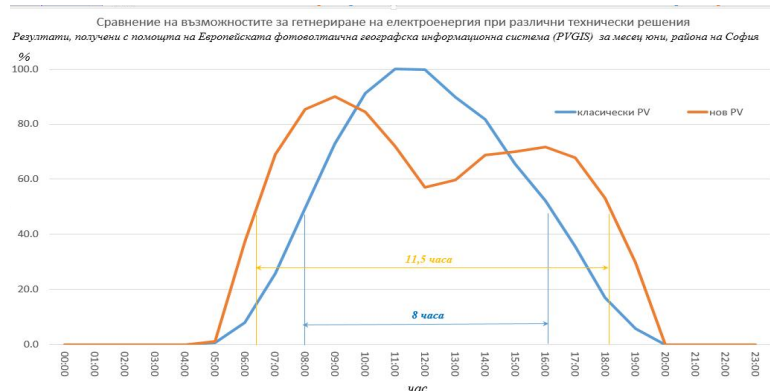
- През този времеви период жилищата и сградите не се нуждаят от охлаждане и летния туристически сезон все още не е започнал. Като се добави и генерацията на АЕЦ „Козлодуй“ и вятърните централи, максимума на генериращите мощности от **АЕЦ + PV + Wind** може да превиши 4 GW. Нашите съседи, с които имаме междусистемни връзки, са в същия часови пояс и имат същите „енергийни“ ситуации. Вследствие на гореописаната регионална енергийна ситуация, предлагането на енергия превишава значително търсенето на енергия в един часови диапазон с продължителност от 6- 8 часа. Вследствие на това цените на енергията чувствително намаляват и в някои случаи стават отрицателни.

Описание на явлението „Ценова канибализация на PV енергията“

- С увеличаване на PV инсталираните мощности в региона, периода за проявление на това явление непрекъснато ще се увеличава и загубите на инвеститорите непрекъснато ще нарастват, ако не се предприемат адекватни мерки.

Какво може да се направи, за да се ограничат вредните последствия от това явление?

- 1. Промяна на кривата на дневната генерация.



Какво може да се направи, за да се ограничат вредните последствия от това явление?

- 2. Изместване времето на работа на определени електрически потребители.

2.1. За битови потребители - електрически бойлери, климатици, перални и миялни машини, и др.

- Създаване на енергийни кооперативи (ЕК) и специална „блокчейн“ технология за обмен на енергия между отделните членове на ЕК.

Какво може да се направи, за да се ограничат вредните последствия от това явление?

2.2. Организация на технологичните и производствени процеси в индустриалните дружества така, че енергията, генерирана от собствените PV централи в почивните и празнични дни, да бъде в определена степен „усвоена“ чрез изместване на част от енергоемките процеси в почивните и празничните дни;

3. Изграждане на системи за съхранение на енергия „Storage“.

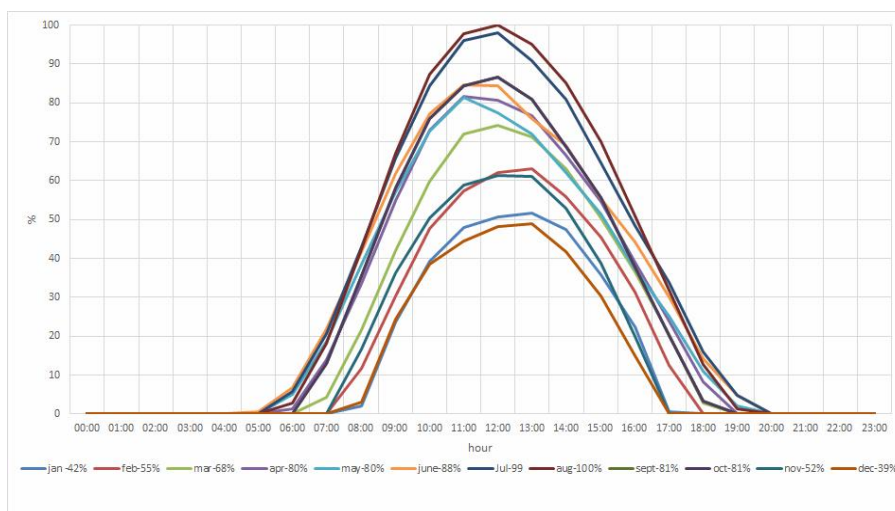
• Съществува голямо разнообразие от системи за съхранение на енергия: електрохимични, хидро – помпени, топлинни, гравитационни, инерционни и др.

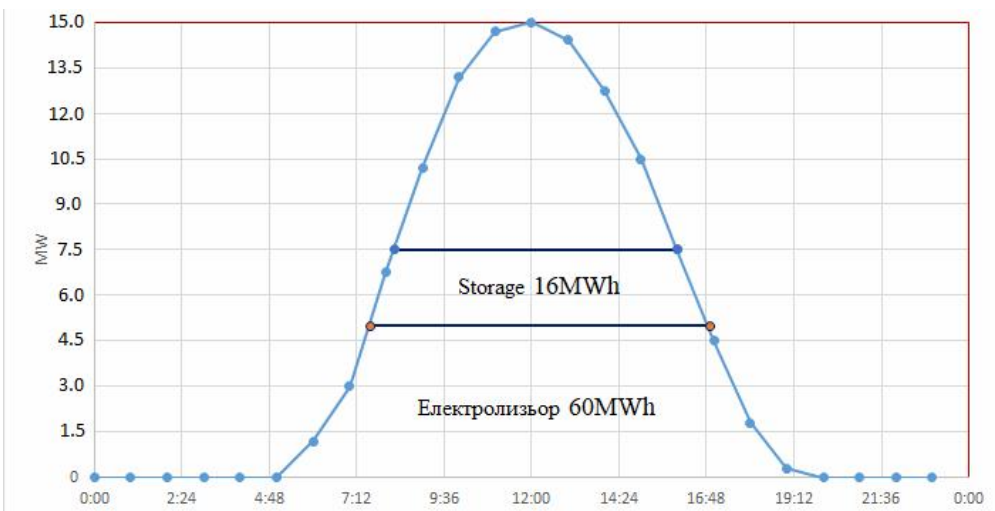
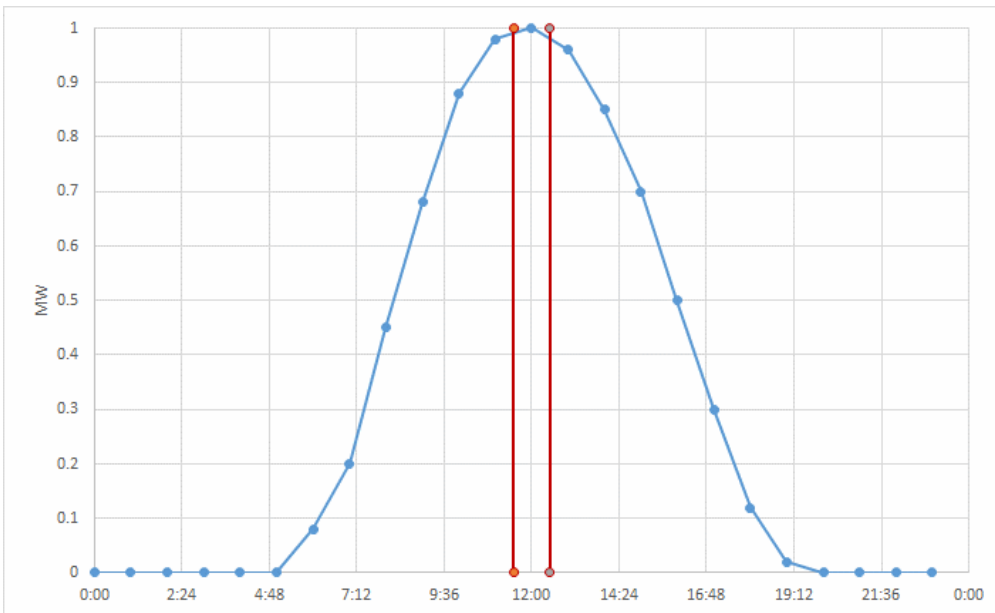
Какво може да се направи, за да се ограничат вредните последствия от това явление?

- На настоящия етап на развитие на технологиите за съхранение на енергия, технологията с най-малко оскъпяване на енергията е съвременна ПАВЕЦ с обща ефективност от 82%. При тази технология оскъпяването на енергията е около 35€/MWh. Електрохимичното стационарно съхранение на енергия в момента има динамично развитие като основно се налагат контейнерните батерии тип LFP (литий – желязо – фосфат).

Какво може да се направи, за да се ограничат вредните последствия от това явление?

- Оскъпяването на енергията при тях е около 240€/MWh и проблема с тяхното рециклиране все още не е решен. Нашата страна има традиции (повече от половин век) в производството на оловно-киселинни батерии (ОКБ). Българските производители на този тип батерии започват производството на системи за съхранение на енергия- контейнерен тип, като оскъпяването на енергията преминала през батерията е около 176€/MWh.





Какво може да се направи, за да се ограничат вредните последствия от това явление?

- Батериите на 98% се рецилират и за тяхното производство се използват основно суровини произведени в страната.
Да пожелаем успех на българските производители в тази пазарна нища, като глобалния оборот непрекъснато ще нараства и към 2035 година ще превиши един трилион евра.
- 4. Производство на зелен водород за сезонно и средносрочно съхранение на енергия.
- 5. Преход от $\text{CH}_4 \uparrow \text{H}_2$ във високотемпературните технологични процеси.

Благодаря за вниманието