

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ОБЩИЯ ЕНЕРГИЕН БАЛАНС В БЪЛГАРИЯ КЪМ 2050 ГОДИНА

Христо Василев, Петър Алексиев,
Радослав Кючуков, Румен Киров

Резюме

В настоящата работа е разгледано съставянето на прогнозния общ енергиен баланс на Република България към 2050 г., в контекста на методологията на енергийното прогнозиране и съставянето на енергийния баланс на Германия. Балансът е съобразен с динамиката на икономическото и демографското развитие. Представен е подход за енергийна трансформация на транспорта. За земеделски трактор е представен сравнителен енергиен анализ при приложение на дизелово и водородно гориво. Разгледан е енергийният преход – като развитие на енергийното потребление, осигурено с възобновяеми енергийни източници. Разглеждани са тенденциите и ценовите особености на инвестиционните аспекти на енергийния преход.

Abstract

This paper examines the compilation of the forecast total energy balance of the Republic of Bulgaria by 2050, in the context of the methodology of energy forecasting and the compilation of the energy balance of Germany. The balance is in line with the dynamics of economic and demographic development. An approach for energy transformation of transport is presented. For an agricultural tractor, a comparative energy analysis is presented using diesel and hydrogen fuel. The energy transition is considered - as a development of energy consumption provide energy transition are considered.

Keywords: *Energy Balance; Methodology; Energy Consumption; Renewable Energy Sources; Agricultural Tractor*

ВЪВЕДЕНИЕ

Общият енергиен баланс (ОЕБ) е съвкупност от енергийните баланси на всички енергийни продукти, които се потребяват в страната, в единна обща мерна единица.

Производството на първична енергия е производството на базата на

суровини, добити в страната и национални природни енергийни ресурси. В брутното вътрешно енергийно потребление, съгласно нова методология (в сила от 2017 г.) се включва и топлината от околната среда.

Крайното енергийно потребление е разходът на горива/енергия, при чието изгаряне/използване не се получават други енергийни продукти. Тук се включва и разходът на горива за произведената от заводските централи топлинна енергия за собствени нужди (отопление + технологични нужди.)

ИЗЛОЖЕНИЕ

Енергиен баланс на Република България.

Съществуващо положение

Общият енергиен баланс на Република България за 2017 г. е представен в табл. 1. Базиран е на националната статистика [1].

Таблица 1 Общ енергиен баланс на Република България. Състояние към 2017 г.

№		хил. т. н. е.	TWh
1	Брутно вътрешно потребление	18 898	~ 220
2	Вложено в преобразуване	20 108	~ 234
3	Получено от преобразуване	13 337	~ 155
4	Енергиен сектор	1126	~ 13
5	Загуби при разпределение	486	~ 5.65
6	Налични за крайно потребление	10 276	~ 120
7	Крайно неенергийно потребление	477	~ 5.55
8	Крайно енергийно потребление	9738	~ 111

От представените в табл. 1 резултати се установява, че крайното енергийно потребление е 111 TWh, докато вложените в преобразуване енергийни продукти са 234 TWh, т.е. ефективността на преобразуването е 47.4 %.

В табл. 2 са представени данните за крайното енергийно потребление в страната за 2017 г. [1]

Таблица 2 Крайно енергийно потребление на Република България. Състояние към 2017 г.

		х. т. н. е.	TWh	%
1	Общо	9738	113,3	100
2	Индустрия	2721	31,7	28
3	Транспорт	3325	38,7	34
4	Домакинства	2319	27	24
5	Търговия и обществени услуги	1120	13	11,5
6	Селско стопанство	173	2	1,8
7	Други			

На диаграмата на фиг. 1 е представена структурата на крайното енергийно потребление през 2017 г.



Фиг. 1. Структура на енергийните ресурси в крайното енергийно потребление през 2017 г.

Брутното производство на електрическа енергия включва:

- произведената електрическа енергия от всички електрически централи (измерена на изходните клеми на генераторите);
- потреблението на енергия по отрасли не включва собствените нужди на централите и загубите от пренос ;

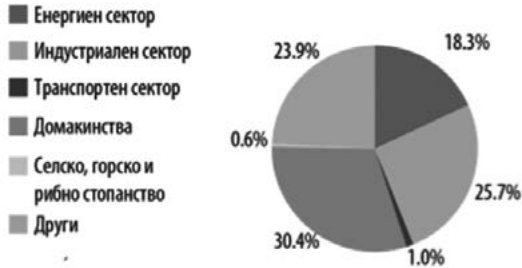
Потреблението на енергия по отрасли не включва собствените нужди на централите. Производството на топлинна енергия представлява:

- брутно произведената топлинна енергия от обществените централи;
- само продадената топлинна енергия от заводските централи.

На диаграмата на фиг. 2 е представена структурата на потреблението на електрическата енергия по отрасли с отчитане загубите на електроенергия, които имат съществен дял в баланса. Общото електропотребление

ние през 2017 г. е 49 318 GWh.

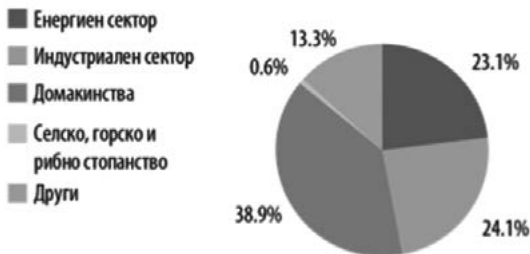
На диаграмата на фиг. 3 е представена структурата на потреблението на топлинна енергия по отрасли. Общото потребление на топлинна енергия през 2017 г. е 12 269 GWh.



Фиг. 2. Структура на потреблението на електрическа енергия по отрасли през 2017 г.

Енергиен баланс на Германия. Прогноза към 2050 г.

Германската асоциация за възобновяема енергия (Bundesverband Neue Energiewirtschaft (BNE)) разработи иновативно предложение за общ енергиен баланс на Германия за 2050 г. [2]. BNE издаде Бяла книга, съгласно която Германия има потенциал да достигне 1000 GW инсталирана фотоволтаична (PV) мощност до 2050 г. [2]. Според Роберт Буш, управляващ директор на BNE, енергийният преход в електроенергийния сектор



Фиг.3. Структура на потреблението на топлинна енергия по отрасли през 2017 г.

ще приключи скоро. Тогава ще бъде поставен въпросът за декарбонизация на секторите за отопление и транспорт чрез директна електрификация. Има и други трудноусвоими сектори за декарбонизация, като някои производства от тежката индустрия, тежкотоварен автомобилен транспорт на дълги разстояния, авиация и корабоплаване, където директната електрификация е недостатъчна. В тези отрасли ключова роля ще играе т. нар. „зелен водород“, който е най-изгодното и устойчиво решение за пълна декарбонизация. Това ще изисква производството на големи количества електрическа енергия от възобновяеми енергийни източници: фотоволтаици; вятърна енергия; биоенергия. BNE прогнозира крайното енергийно потребление в Германия към 2050 г. да достигне 1600 TWh.

BNE прогнозира, че вятърната енергия от морето и сушата и биоенергията в Германия ще могат да осигурят около 40 % от енергийните нужди или 666 TWh към 2050 г. При това положение около 1000 TWh енергия ще се произведе от PV централи с обща инсталирана мощност от 1 TW.

BNE предлага да се използват различни PV централи (полеви PV, покривни BIPV, Agro PV и др.). При това положение ще бъде необходимо осигуряване на краткосрочно и дългосрочно съхранение, за да се поемат върховете (пиковите) натоварвания в мрежата и последващо използване на слънчевата енергия, особено през зимния сезон. Това може да се реализира чрез директно преобразуване на електрическата енергия във водород в електролизери и последващо сезонно съхранение.

Около 500 GW фотоволтаични (PV) мощности ще бъдат изградени като покривни, фасадни и други, а останалите 500 GW ще бъдат изградени като полеви. За тази цел ще е необходима площ от около 5 000 km². В момента Германия използва площ от около 24 000 km² за отглеждане на енергийни култури. Ако тези райони бъдат покрити с PV централи, вместо с енергийни култури, те ще произвеждат около 30 пъти повече енергия в сравнение с енергията, получена от енергийните култури. В същото време земеделските райони ще бъдат подобрени по отношение на биоразнообразието. При условие, че в тези райони се използват Agro PV, съществено ще се увеличат добивите от земеделска продукция и ефективността на PV централите. Следователно бъдещата енергийна система в Германия ще заеме по-малки площи от днешната и би увеличила значително и надеждно биологичното разнообразие.

Според изчисления на BNE, цената на енергията, генерирана от големи децентрализирани PV централи до потребителите с минимални мрежови такси, ще бъде около 25 €/MWh, а в съчетание със съхранение на батерии - около 30...40 €/MWh. Значителното намаление цените на електролизерите ще позволи цената на зеления водород да се намали до

около 1.25 €/kg до 2030 г. По този начин зеленият водород ще се конкурира с водорода, произведен от изкопаеми горива.

Изследователи от Австралийският национален университет (ANU) са експериментирали нов метод за преобразуване на слънчевата енергия във водород. При този метод отпада необходимостта от електролизери и трансформацията „DC-AC-DC“, т.е. отпада и необходимостта от изграждане на нова преносна мрежа или разширение на съществуващата. Те постигат това чрез самостоятелно слънчево разделяне на водата посредством тандемни абсорбери от Perovskite-Silicon. Това е полупроводникова фотоелектродна клетка (PEC) която е потопена във воден електролит и поглъща светлинните фотони, генерира електрони, които участват в реакцията на отделяне на водород и в реакцията на отделяне на кислород. С разработения експериментален модел е постигната ефективност от 17.6 %.

Получените резултати са доказателство, че методът предлага огромни възможности за по-нататъшно подобряване на ефективността и намаляване на разходите чрез оптимизиране на отделните компоненти и замяна на скъпите катализатори с нови ниско ценови решения. Авторите правят заключението че произвеждания от тях зелен водород ще ценово конкурентен на природния газ в много страни [29].

Като се отчете факта, че всички прогнози за цените на PV и вятърната енергия се оказват консервативни, е възможно цените на енергията и водорода в Германия да бъдат още по-ниски (15-20 €/kWh и под 1 €/kg водород).

Енергиен баланс на Република България към 2050 г. Контекст на методологията на BNE

Общият енергиен баланс (ОЕБ) на Република България към 2050 г. трябва да бъде съобразен със стратегическите цели на страната и той не може да се различава съществено с показателите на ОЕБ на водещите икономики в Европейския съюз, в т.ч. на Германия. Предлага се да се приложи методологията на BNE за реализиране на ОЕБ на България към 2050 г.

Крайното енергийно потребление на една страна в определена степен зависи от брой на жителите, брутния вътрешен продукт и от нивото на технологиите в индустриалния сектор, комуналния сектор, земеделието и др.

Разпространението на новите технологии в рамките на ЕС се осъществява без бариери, поради свободното движение на хора, капитали и

стоки. Между икономиките на България и Германия съществува силна интеграция, която се очаква в следващите десетилетия да се задълбочава.

Поради това енергоемкостта на БВП на българската икономика постепенно ще намалява и ще се доближава до тази на Германия. Това означава преобразуване на всяка дейност в съвременния живот и във всеки сектор на икономиката : индустрия, транспорт, сгради, енергетика и земеделие. За това ще способстват и европейските стандарти (EN), които България трябва да изпълнява. Така например стандартът за сгради с енергийно потребление близко до нулевото [3] се очаква към 2050 г. да намали енергийните разходи на сградите в България с повече от 4 пъти, спрямо съществуващите в момента. Съществено влияние върху енергетиката на България ще окаже т. нар. „Зелена сделка“ (GREEN DEAL) на Европейския съюз (ЕС).

В табл. 3 са представени брой на населението, брутен вътрешен продукт (БВП) на жител и общ БВП за България и Германия.

Таблица 3 Брутен вътрешен продукт на Германия и България

Държава	Показател		
	Население, брой жители към 01.01.2019 г.	БВП на жител, €/ жител	БВП на страната, млрд. €
България	7 000 039	8 600	60.2
Германия	83 019 214	41 340	3 432

Стратегическите цели на България през следващите години трябва да бъдат следните:

- Спиране на обезлюдяването на страната и последващо бавно нарастване на броя на жителите основно в обезлюдените райони;
- Повишаване на доходите в България и излизане от състоянието „Най – бедна страна в ЕС“;
- Подобряване на качеството на живот;
- Утвърждаване на „Върховенството на закона“.

Тези цели са взаимосвързани.

При условие, че се възприеме предложения модел за решаване на демографските проблеми в страната и ускорено развитие на обезлюдените и обезлюдяващи се райони (Приложение 1 [19]), могат да се очакват средни стойности на темп на годишен икономически растеж за различни времеви периоди, представени в табл. 4. Приетите темпове на икономически растеж са напълно възможни и те се базират на резултатите от из-

следванията, проведени в предложения модел за ускорено икономическо и демографско развитие. Моделът се възприема от консервативно мислещите политици като „Утопия“, но той е базиран на реални технологии, на реални цени и данъчни политики, на реални финансови механизми и на реалната мечта на основната част от младите хора да успеят в собствената си страна. За реализацията на този модел е необходима политическа воля. Ако през следващите години България разчита на консервативни или умерено консервативни модели на развитие на икономиката и енергетиката, тя няма да излезе от състоянието „Най-бедната страна в ЕС“ и няма да може да постигне стратегическите си цели.

Таблица 4 Темп на годишния икономически растеж

№ по ред	Показател	Мярка	Времеви период		
			2020 – 2030 г.	2031 – 2040 г.	2041 – 2050 г.
1	Средногодишно нарастване на БВП	%	6,5	5,5	4,5
2	БВП на страната в края на периода	млрд. €	113	193	300
3	Население в края на периода	милиона жители	7,9	8,4	8,9
4	БВП на жител	€/жител	14 304	22 976	33 707

От представените резултати в табл. 4 се вижда, че БВП на страната ще се увеличи около 5 пъти, като един от основните „двигатели“ на този икономически растеж ще бъде предложеният модел за „Икономическо и демографско развитие на обезлюдяващите се селски райони“. За практическата реализация на модела съществуват всички необходими условия:

- неограничени европейски и глобални пазари за произвежданата продукция;
- необходими площи обработваема земя;
- подходящи климатични, хидрологични и почвени условия;
- свободни финансови средства на глобалните пазари;
- млади хора (от страната и от българската диаспора), които желаят да развият собствен бизнес при разполагаемите финансови и битови условия.

Ще намери решение и демографският проблем, ще се създаде средна класа в селата, ще се възстанови икономическият, културният и духовният живот в българските села, ще се „напълнят“ селските училища с

ученици, като всичко това ще се случи с минимални публични средства. За да се реализира проектът, трябва политическа воля.

В табл. 5 са представени прогнозните стойности на показателите на крайното енергийно потребление на България и Германия.

Таблица 5 Крайно енергийно потребление на Германия и България

Държава	Показател				
	Население, брой жители към 2050 г.	БВП на жител към 2050 г. €/ жител	БВП на страната към 2050 г., млрд. €	Крайно енергийно потребление, TWh/година	Енергоемкост на БВП, KWh /1000 € към 2050 г.
България	8.9 милиона	33 707 (табл.4)	300	81.3*	271
Германия	83 милиона	81 760 (ръст 2,5 %)	6 786	1 600 (според изчисления на BNE)	236

Забележка (*) Стойността на крайното енергийно потребление (КЕП) на Република България през 2050 г. е определена при условие, че енергийните разходи към тази година за единица БВП са с около 15 % по-високи от тези в Германия:

$$\begin{aligned} \text{КЕП}_{BG} &= 1.15 \text{КЕП}_{DE} \times \text{БВП}_{BG} / \text{БВП}_{DE} = \\ &= 1,15 \times 1600 \text{ TWh} \times 300 \text{ млрд. €} / 6786 \text{ млрд. €} = 81.3 \text{ TWh/година, (1)} \end{aligned}$$

където БВП_{BG} и БВП_{DE} са стойностите на брутния вътрешен продукти на България и Германия към 2050 г.

В настоящият момент крайното енергийно потребление в страната за 2017 г. е КЕП_{BG2017} = 111 TWh/година [1]. Естествено възниква въпросът: в следствие на какви енергийни трансформации и енергийни политики КЕП_{BG2050} ще се намали на 81.3 TWh/година, т.е. с около 25 %, въпреки увеличението на БВП за периода от 2017 до 2050 година от 60,2 млрд. € на 300 млрд. €, т.е. увеличение с 498 % и увеличение на броя на жителите към 2050 година с около 1.9 милиона спрямо 2020 година ?

Енергийна трансформация в транспорта

В табл. 6 са представени енергийните разходи (kWh/100 km) на един лек автомобил среден клас от съществуващия автомобилен парк в страната и един електромобил среден клас към 2050 г.

Енергийната плътност на съществуващите литиево-йонни („Li-ion“) батерии за електромобили „TESLA“ е около 160 Wh/kg, т.е. батерия 85 kWh има маса 540 kg. Към 2050 г. вследствие подобряването на технологиите енергийната плътност се очаква да се повиши до 500 Wh/kg.

Таблица 6 Енергийни разходи на автомобили. Съществуващо положение и прогноза към 2050 г.

№ по ред	Вид на автомобила	Разход на гориво	Разходи, kWh/100 km	Процентно съотношение на разходите
1	Съществуващи, среден клас	7 l/100 km (комбиниран разход)	87,5	100 %
2	Електромобили „TESLA – S“, 2020 г.	185 Wh/km	18,5	21 %
3	Електромобили среден клас, 2050 г.	145 Wh/kg (вследствие намаляване теглото на батериите)	14,5	16,6 %

Към 2050 г. споделените пътувания ще бъдат масово разпространени и това ще доведе до допълнително намаляване на енергийните разходи в сектор „Транспорт“. В настоящия момент тежкотоварният автомобилен транспорт (ТИП), пътническият автотранспорт и лекотоварният транспорт са основно на базата на дизелово гориво. При тези типове транспорт ефектът от електрификацията им или преминаването на зелен водород е с около 20% по-нисък в сравнение с леките коли.

Значителни енергийни трансформации се очакват в леката авиация. В края на м. май 2020 г. беше проведен тестов половинчасов полет на 9-местен електрически самолет на „Cessna eCaravan“ на разстояние 160 km. Разходите за електрическа енергия за този полет са 6 \$, докато разходите за същия самолет с двигател с вътрешно горене (ДВГ) са 300 – 400 \$ [20]. При компактните размери на електрическия двигател, дизайнът на самолета е променен, като е намалено аеродинамичното му съпротивление. Ако фюзелажът и крилата на самолета се покрият с тандемни PV-клетки, при слънчево време енергийните разходи за един полет могат да се намалят допълнително с около 40 %.

Въздушните електрически таксите могат да конкурират пътническите автобусни превози и големите самолетни линии. Така например,

полет от София до черноморските курорти ще има: продължителност средно около 1,5 h; цена на билета - с около 30 % по-ниска от автобусните билети; чувствително по-добър комфорт при по-малък брой пътници; кацане и излитане на летището за леки самолети на курорта; в крайна сметка - нулеви емисии. На настоящия момент на развитие на технологиите, такива полети са конкурентни с дължина на полета до 800 km. С увеличаване на енергийната плътност на батериите ще се увеличава и дължината на полетите. Около 45 % от глобалните полети са до 800 km.

Този пример показва, че в следващите години предстоят значителни промени в авиацията.

По подобен начин ще се развиват и процесите във водния транспорт. В табл. 7 са представени резултатите от сравнителен анализ на енергийните разходи за две модификации за корабно задвижване, базирано на следните горива:

- конвенционално (дизелово);
- водородно.

Таблица 7 Енергийни разходи за корабно задвижване, базирано на конвенционално и водородно гориво

№ по ред	Показател	Единица	Корабно задвижване	
			Конвенционално (дизелово)	Водородно
1	2	3	4	5
1	Цена на горивото с ДДС	€/kg	1 €/kg	1,25 €/kg
2	Енергийно съдържание	kWh/kg	12,5	39,39
3	Ефективност на енергийните трансформации	%	ДВГ – генератор-блок за управление -двигател 28 %	Горивна клетка- блок за управление -двигател 55 %

4	Получена полезна енергия на вала на витлото от 1 kg гориво	kWh/kg	4,2	21,66
5	Цена на полезната енергия	€/kWh	0,238	0,058
6	Относително съотношение на разходите	%	100	24

Следователно, с въвеждане корабно задвижване, базирано на водород, ще се постигнат:

- намаление на крайното енергийно потребление – 5,2 пъти;
- намаление на разходите за гориво - около 4 пъти;
- нулеви емисии.

С достатъчна за практиката точност може да се приеме, че вследствие на електрификацията на сектор „Транспорт“ и на споделените пътувания, годишните енергийни разходи ще се намалят повече от 5 пъти към 2050 г., спрямо тези - през 2017 г. (т.е. от 38,7 TWh/година през 2017 г. ще бъдат под 8 TWh/година през 2050 г.).

В момента се разработват и плавателни съдове с електрическо задвижване и захранване от PV панели + батерия [22].

Сравнителен енергиен анализ за земеделски трактор, задвижван с различни горива – дизелово и водородно

Извършен е сравнителен енергиен анализ на земеделски трактор с мощност 110 kW, задвижван с приложение на конвенционалното – дизелово гориво и с водородно гориво. От представените резултати в табл. 8 се вижда, че вследствие на прехода от дизелово към водородно гориво, енергийните разходи за механична тяга в земеделието ще се намалят около 5 пъти.

Таблица 8 Сравнителен енергиен анализ при приложение на дизелово и водородно гориво за задвижване на земеделски трактор с мощност 110 kW

№ по ред	Показател	Единица	Гориво	
			Дизелово гориво с резервоар 180 l/150 kg	Водородно гориво с бутилка 40 kg водород 700 bar+75 kWh Li-ion батерия
1	Цена на горивото	€/kg	1	1,25
2	Енергийно съдържание	kWh/kg	12,5	39,39
3	Ефективност на енергийните трансформации	%	30 Двигател, скоростна кутия, диференциал	56 Горивна клетка + блок за управление + 2 бр. електродвигатели
4	Получена полезна енергия на задвижващите колена от 1 kg гориво	kWh/kg	3,75	21,66
5	Продължителност на работа с едно зареждане при дълбока оран, т.е. 70 % от номиналната мощност или 77 kW	h	8,2	12,2
6	Разход на гориво за моточас при дълбока оран и стойност на изразходваното гориво	kg/h	18,3	3,56
		€/h	18,3	4,4
7	Цена на полезната енергия	€/kWh	0,3	0,058
8	Съотношение на разходите	%	100	19,3

Забележка: Масата на двете модификации на земеделския трактор 110 kW е приблизително една и съща.

Развитие на енергийното потребление. Възобновяемите енергийни източници в енергийния преход

Енергийното потребление в сградния фонд се очаква да се намали до 2050 год. около 4 пъти (в това число са включени и енергийните разходи на новопостроените сгради с близко до нулевото потребление), т.е. да спаднат под 7 TWh /година към 2050 година, като се намали повече от 5 пъти [19].

В периода до 2050 г. съществуващите индустриални производства ще се модернизират и енергийните разходи за единица продукция в повечето случаи ще се намалят в пъти. Това създава предпоставки енергийните разходи в индустриалния сектор да се намалят въпреки „планираното“ нарастване на БВП до 2050 г. около 2 пъти. Изграждането на нови енергоемки производства ще бъде сведено до минимум. В IT сектора и в много други сектори ще бъде въведена добрата практика „Home office“. Електронизацията на дейностите и институциите (електронно правителство, електронни общини, електронни министерства и агенции, електронно здравеопазване и др.) ще доведе до чувствително ограничаване на енергийните разходи. Така че получената стойност на крайното енергийно потребление от 81.3 TWh в общия енергиен баланс на България към 2050 г. (ОЕБ_{BG-2050}) е определена на основата на реални технологии, за реални политики (GREEN DEAL) и на реални индустриални стандарти. Така например в Германия ОЕБ_{DE-2019} е около 2500 TWh, а ОЕБ_{DE-2050} се очаква да бъде 1600 TWh, т.е. намаление с 36 %, въпреки близо двукратното увеличение на БВП_{DE-2050}.

Основен инструмент на зелената сделка на ЕС (GREEN DEAL) е т. нар. ака наречения „Механизъм за справедлив преход (JTM)“, който има за цел да финансира прехода на континента към неутрална за климата икономика до 2050 г. Механизмът ще представи целенасочена подкрепа за мобилизиране на поне 100 млрд. € за периода 2021-2027 г. в най-засегнатите региони, за да се облекчи социално икономическото въздействие на прехода. За да имат достъп до фондовете, 27-те държави членки трябва да изготвят собствени програми за преход, като се определят районите, които ще бъдат засегнати най-силно от прехода към зелена енергия и начертаят пътища за екологично възстановяване до 2030 г. [28]. Каква ще бъде финансовата помощ за България?

Успешен глобален енергиен преход към възобновяеми енергийни източници ще нанесе значими икономически удари на силно зависимите от износа на въглеродороди държави (като Бразилия, Нигерия, Русия, Саудитска Арабия, Венецуела и др.). Същевременно в много държави постепенно

ще се премахне зависимостта от вноса на изкопаеми горива [10]. Големите печеливши в този преход обаче ще бъдат притежателите на интелектуална собственост и на върхови технологии за производство на възобновяема енергия и нейното краткосрочно и сезонно съхранение. В това отношение Китай, държавите от Европейския съюз (ЕС), Япония и САЩ се позиционират в максимална степен, за да получат дивиденди от енергийния преход. Годишните приходи от интелектуална собственост и производство и монтаж на оборудване за възобновяема енергия, и нейното съхранение в глобален мащаб, ще бъдат съпоставими с приходите от глобалната автомобилна индустрия. Броят на глобалните работни места се прогнозира да достигне 84 милиона към 2030 год., при 41 милиона към момента. Франция, която е световен лидер в относителния дял на атомната енергия, предвижда изграждането до 2026 г. на 44 GW фотоволтаични (PV) мощности [8]. Холандия, която е най-гъстонаселената страна в ЕС, предвижда изграждането до 2050 г. на 100 GW фотоволтаични (PV) мощности [9]. Полша ще достигне целта си от 7.8 GW слънчева енергия според „Националния план за енергия и климат“ до средата на десетилетието вместо до 2030 [30]. Естествено, възниква въпросът: Какво ще получи България от енергийния преход? Само чиста и евтина енергия или и допълнителни дивиденди от интелектуална собственост и от производствени мощности?

За да излезе от състоянието на „Най-бедната и обезлюдяваща се страна в Европейския съюз“, България задължително трябва да участва в разпределението на дивидентите в този значим сектор в глобалната икономика през следващите три десетилетия.

С какви ВЕИ генериращи мощности може да се осигури годишно производство на 81.3 TWh в България?

Отчитайки бурното развитие на PV и вятърните технологии, България има значителен потенциал за фотоволтаична (PV) енергия – средно 1,4 MWh/год. за 1 kWp инсталирана PV мощност. В сравнение с Германия, потенциалът от вятърната енергия е значително по-малък. Характерна особеност на ОЕБ в България е, че страната разполага със значителни количества растителна биомаса от горското и селското стопанство. Около 1 милион домакинства се отопляват с дърва, като през лятото си доставят дърва, а през отоплителния сезон ги използват. Това е форма на сезонно съхранение на енергия, но в следващите години получаването на топлинна енергия ще се електрифицира (чрез топлинни помпи), а биомасата (дърва + растителни отпадъци) ще се складира през летните месеци в специални регионални депа, а през отоплителния сезон чрез

газификация ще се получава зелен газ. От зеления газ, чрез парогазови централи (ПГЦ) или горивни клетки (ГК), ще се генерира електрическа енергия, като топлинна енергия ще се получава чрез топлинни помпи с $SCOP \geq 5.5$ (т.е. с единица електрическа енергия (1 kWh) ще се получават средно за отоплителния сезон 5,5 единици топлинна енергия (5,5 kWh)). Получената ниско потенциална топлина от ПГЦ или от ГК ще се използва през отоплителния сезон за отопление на оранжерии, отопление на индустриални сгради или за индустриални нужди. По този начин може да се получи през отоплителния сезон около 16 TWh топлинна енергия.

Останалите 65 TWh енергия за крайно енергийно потребление ще се получат от следните генериращи мощности:

- ВЕЦ – 6 TWh. Водата преимуществено ще се използва за задоволяване на битови и комунални нужди и в напоителните системи в селското стопанство.

- Вятърни централи – 5 TWh (около 3 GW инсталирани мощности).

- PV централи – 54 TWh (40 GWp), от които 10 GWp покривни PV централи на покривите на индустриални, комунални, търговски и земеделски сгради и др. 10 GWp покривни централи могат да се реализират с изграждането на 50 хиляди покривни PV централи, всяка от тях със средна мощност 200 kWp и необходима площ от 1600 m². В момента в Германия има над 1.7 милиона покривни PV централи.

Около 30 GWp ще бъдат реализирани с полевите PV централи, изградени децентрализирано в непосредствена близост до големите потребители на енергия. По този начин чувствително ще се намалят загубите от пренос и разпределение и особено в мрежите 20 kV. За тази цел ще са необходими площи около 240 km² (0,22 % от територията на страната), т.е. значително по-малко от площта, която заема енергийната инфраструктура в момента. На тази площ ще се осигури паша за около 80 хил. овце и годишните приходи на декар от продажбата на PV енергия ще бъдат около 2 625 €/година при продажна цена на енергията 15 €/MWh. Ако на тази площ се отглежда пшеница, годишните приходи ще бъдат около 75 € на декар т.е. около 35 пъти по-ниски. Отглеждането на енергийни култури в земеделието ще бъде лишено от икономическа логика. По този начин ще се подобри биоразнообразието, което ще доведе до по-малко приложение на препарати за растителна защита.

Прогнозна цена на енергията

Каква се очаква да бъде цената на енергията (електрическа и топлинна) в България?

Цената на енергията от PV и вятърни централи непрекъснато намалява. В табл. 9 са представени четири ценови рекорда от PV централи, изградени чрез публични международни търгове, с фиксирани цени за изкупуване на 100 % от произведената енергия за период от 20 до 25 години. Печелившата е офертата с най-ниска цена.

Таблица 9 Цена на енергията, произведена от фотоволтаични (PV) централи

№ по ред	Държава	Цена на енергията	Дата на провеждане на търга
1	Abu Dhabi (световен рекорд [4])	0,0135 \$/kWh	28.04.2020
2	Португалия (<i>европейски рекорд</i> [5])	0,0148 €/kWh	31.07.2019
3	Албания (рекорд на страната [6])	0,0248 €/kWh	28.05.2020
4	Португалия (рекорд на страната [31])	0,0132\$/kWh	24.08.2020
5*	Германия (рекорд на страната [7])	0,0335 €/kWh	05.03. 2020

Забележка (*): Цената на енергията от този германски проект е повече от 20 пъти по-малка, спрямо FIT цената на PV енергията в Германия от 2007 г.

По оценка на Международната агенция за възобновяема енергия (IRENA) PV технологията се намира в „младо юношеската си възраст“ и предстои сериозно развитие в технологично и ценово отношение. В следващите три години се очаква в глобален мащаб да бъде преодоляна психологическата ценова бариера 0,01 \$/kWh. Географската ширина на Северна Португалия е съизмерима с географската ширина на Южна България, а географската ширина на Албания е съизмерима с тази на България. При условие, че през настоящата година се проведат международни търгове за изграждане на соларни PV паркове в България по правилата на IRENA, печелившите оферти няма да се различават съществено от тези в Португалия и Албания. **Според направена оценка на прогнозната цена на енергията от полевни PV централи в България по методиката на FRAUNHOFER, се очаква към 2030 г. цената да бъде 0,015 €/kWh. С тази цена на енергията и отчитайки глобалното намаление на**

цените на електролизерите, цената на зеления водород в България се очаква да бъде под 1,25 €/kg.

Енергийните експерти в ЕС смятат, че пълната декарбонизация на икономиката ще изисква значителни количества зелен водород. Европейската водородна стратегия „максимализира“ зеления водород. Поради финансови причини синият водород ще има преходна роля. Зеленият водород се произвежда от възобновяема енергия. Синият водород се произвежда от природен газ, като при неговото производство въглеродните емисии се „улавят“, съхраняват или се използват повторно, за да се компенсира тяхното въздействие. Сивият водород се произвежда от природен газ или въглища и има цена в момента около 1.5 €/kg. ЕС си поставя за цел да постигне същата цена на зеления водород, за да има паритет на цените. ЕС не възнамерява да използва сив водород в енергийния преход. IEA изчислява, че в момента цената на зеления водород е 3.5 – 5 €/kg. В момента глобалното производство на зелен водород е 74 млн. тона, от които 9.8 млн. тона се произвеждат в ЕС. Само 4 % от европейското производство е зелен водород. Цената на чистата енергия и електролизата са основните двигатели при очакваното намаление на цената на зеления водород. В момента водородната икономика на Европа има годишен оборот от 2 млрд. € Съгласно прогнозите това число ще се увеличи до 140 млрд. € към 2030 година и ще бъдат създадени около 140 хил. нови работни места. Като оптимистичен вариант за участието на България в този нов пазар е да се реализира годишен оборот в страната от 2 млрд. € и около 2 хиляди нови работни места. Основание за оптимизъм е прогнозираната ниска цена на PV енергията. Този „дял“ на България няма да бъде подарък, той трябва да се „извоюва“. В свят, в който зеления водород ще замести изкопаемите „горива“, ЕС вярва, че може да увеличи значимостта си чрез технологично лидерство във водородните технологии. В стратегията за развитието на водородната енергетика се отбелязва, че зеленият водород създава предпоставки за създаване на еталон при транзакциите с водород, доминирани в евро, подобно на това, че суровият нефт се търгува в долари. На 8 юли 2020 г. Европейската комисия обяви нова стратегия и постави началото на „Европейски алианс за чист водород“. Идеята е да се представят добавените стойности, които се формират по „водородната верига“: производство, пренос, мобилност, промишленост, енергия и отопление.

Отчитайки доказаната „консервативност“ на всички направени прогнози за цените на PV панелите и инверторите, PV енергията и цената на зеления водород, е възможно цената на PV енергията да се намали до 0,01 €/kWh, а цената на зеления водород да стане под 1 €/kg. Генериращи

мощности от атомни централи в енергийния баланс не се предвиждат. 14 страни в ЕС нямат атомни централи, като в края на 2022 година Германия затваря последната си атомна централа и тези страни предвиждат в различни периоди да затворят и термичните си централи. Буди недоумение твърдението на някои енергийни експерти и политици, които заявяват, че българската енергетика няма да може да съществува без базови мощности (АЕЦ и ТЕЦ), въпреки че АЕЦ „Козлодуй“ ще бъде в експлоатация до 2047 г. Така например Гърция няма АЕЦ, предвижда да затвори последната си термична централа през 2028 год. и не смята, че ще има проблеми с устойчивостта на енергийната си система. Определението за базова мощност през последните години силно се промени с приложението на: новите технологии за съхранение на енергия; SMART GRID; успешните резултати от експериментиране на захранването на цели градове със 100 % възобновяема енергия [23]. Зеления водород ще има съществена роля в енергийния преход. В настоящия момент чрез газов микс от природен газ + 30% зелен водород се захранват газовите потребители, като по този начин се намаляват емисиите на CO₂. Производителите на газови турбини (SIEMENS, GE, ROLLS-ROYCE) декларират, че към 2023 г. ще пуснат газови турбини, работещи със 100 % зелен водород. Изследователи в Германия определиха капацитета за съхранение на водород в солни мини на територията на ЕС - 84800 TWh т.е. многократно повече от брутно консумираната енергия в ЕС [24]. ЕС ще се нуждае от около 108 GW капацитет за съхранение от батерии до 2030 г., за да се изпълнят текущите планове за декарбонизация. За да се постигне целта за пълна декарбонизация към 2050 ще са необходими около 550 GW на водородни електролизери, които да произвеждат зелен водород от слънчеви и вятърни централи [26]. Solar Power Europe прогнозира, че глобалния обем от нови PV мощности ще нарасне от 630 GW в края на 2019 до 1448 GW през 2024 т.е. средно годишен ръст от 18%, въпреки очакваното намаление с 4 % за 2020, поради COVID-19 [25]. Произведената енергия от АЕЦ (евентуално от изградена АЕЦ „Белене“) ще бъде с цена на изхода на централата - минимум 0.1 €/kWh. Като се добавят и мрежовите такси, цената на енергията до крайните потребители ще бъде над 0.12 €/kWh. При тази цена на енергията и при либерализиран европейски енергиен пазар, няма да има потребители, които биха купили от тази енергия при условие, че на пазара има зелена енергия с около четири пъти по-ниска цена. Задължително условие на всеки инвестиционен проект е пазарното проучване за реализация на произвежданата продукция. Нашите анализи показват, че АЕЦ „Белене“ няма да има очакваната пазарна реализация на произведената електрическа енергия.

Предлагаме това наше заключение да бъде обсъдено публично.

Тенденции за реализация на енергийния преход в България

Основната част от инвестициите за реализацията на енергийния преход в България ще бъдат частни (основно чуждестранни от международни консорциуми). Публичните инвестиции ще бъдат основно в електропреносната мрежа (с презумцията, че тя ще остане държавна), въпреки че това е дискуссионен въпрос.

През следващите няколко години (до 2025 г.) предстои да се случат следните събития в PV технологиите:

- Въвеждане в производството на PV клетки – технологията „Perovskit“. Средната ефективност на „силициевите“ клетки се подобрява годишно от 0,3 % до 0,4 % (абсолютни). Това повишаване на ефективността е станало в много конкурентна среда, тъй-като цените на PV модулите са спаднали със 70 % за последните 6 години. Като се има предвид, че технологията „Perovskit“ е в началото на своето развитие, годишното подобрието на ефективността с 3,8 % до около 23 % е върхово постижение, което изпреварва значително всички останали PV технологии [14]. Японски учени са разработили тандемна PV клетка от силициев перовският с ефективност от 38,7 % [15]. Според авторите има реална възможност за масово производство на тази клетка. Това би означавало един PV панел с площ 1,6 m² (60 клетки) да има мощност над 500 Wp. Учени от MIT са създали ниско ценова тандемна PV клетка с теоретична ефективност 40 % и практическа 35 % [16]. Клетката е в процес на експериментално производство.

- Увеличаване на единичната мощност на PV панелите. През настоящата година беше пуснат в производство PV панел с мощност 580 W. През следващата година се очаква да бъде на пазара панел с мощност 625 W. Този тип панели са с по-големи размери спрямо стандартните с 60 броя клетки и са с по-висока ефективност. Това води до намаляване на BOS разходите.

- Увеличаване на експлоатационния срок на PV панелите. При експлоатационен срок до 32,5 години, се намаляват годишните експлоатационни разходи до 17 \$/kWp, като за сравнение тези разходи са били 35 \$/kWp преди 10 години [10, 11]. Разходите ще продължат да намаляват в следващите години вследствие повишаване ефективността и намаляване броя на необходимите панели за 1 kWp PV мощност.

- Приложение на Agro PV поледи централи за условията в България за съвместно производство на PV енергия и овцевъдство. По този начин ще се премахнат разходите за косене (средно 3 пъти годишно), ще се премахнат (намалят) разходите за аренда, тъй-като земята ще се използ-

ва и за пасища и следствие „шарената сянка“ тревата няма да „изгаря“ в летните месеци, и изпаренията от тревата ще доведат до увеличаване на производството до 5%.

- Базираният в САЩ институт за енергийна икономика и финансов анализ (IEEFA) прогнозира, че разходите за производство на PV енергия ще клонят към нула в райони с висока слънчева радиация като Аризона, Испания, Раджастан, Северен Куинсланд до 2030-40 год. [21]. Тази прогноза изисква сериозен анализ.

- Цените на PV енергията през последните 10 години в глобален мащаб са намалени с 82 % [12,13]. През следващите години цените на PV енергията ще продължат да намаляват, вследствие въвеждането на: нови технологии за повишаване на ефективността; Agro PV; нови материали; мащаб на производството; приложение на двустранни (bifacial) PV панели с едноосни тракери (от което годишната генерация се повишава до 35 % [17]; провеждане на публични търгове с голям брой участници. По експертна оценка, в следващите години частните инвестиции в сектор „Енергетика“ ще бъдат над 85 %, като тези инвестиции ще осигуряват ниска цена на енергията за крайните потребители (индустрия, комунално-битов сектор). Вследствие на ниската цена на енергията за индустрията ще се повиши конкурентоспособността на българската икономика и ще се разкриват нови работни места. Ниската цена на енергията ще доведе до повишаване на вътрешното потребление. Енергетиката на България постепенно ще се декарбонизира, като до 2050 г. емисиите от парникови газове ще станат нулеви. Секторите „ОВК“ и „Транспорт“ ще се електрифицират на 100 %, от което ще се премахнат емисиите от фини прахови частици, азотни и серни окиси. Чистите въздух и вода, екологичната храна и намалените шумови нива, ще доведат до чувствително повишаване на нивото на общественото здраве.

Спестените публични инвестиции от сектор „Енергетика“ през следващите 30 години (около 20 млрд. €) ще се използват за:

- образование;
- здравеопазване;
- демография (стимулиране на раждаемостта и привличане на млади семейства от българската диаспора [19];
- преустройство на сектор „Земеделие“ (достигане на годишен приход 3000 лева от един декар обработваема земя [19]).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Общият енергиен баланс (ОЕБ) на Република България към 2050 г. трябва да бъде съобразен със стратегическите цели на страната, като

следва да се реализира съгласувано с енергийните баланси на водещите икономики в Европейския съюз, в т.ч. на Германия. Целесъобразно е да се приложи методологията на BNE за реализиране на общия енергиен баланс на България към 2050 г.

2. В съответствие със стратегическите цели на Република България и планираното икономическо, енергийно и демографско развитие, прогнозното крайно енергийно потребление към 2050 г. се оценява на 81.3 TWh/година.

3. Енергийната трансформация в транспорта се базира на електрическата и водородната технологии, включително в автомобилния, водния и въздушния транспорт. Във водния транспорт разходите на задвижване, базирано на конвенционално дизелово гориво, са около 5 пъти по-големи от тези, базирани на водород. При прехода от дизелово към водородно гориво, енергийните разходи за механична тяга в земеделието се намаляват около 5 пъти.

4. Възобновяемите енергийни източници са без алтернатива в енергийния преход на Република България. Предвижда се следната структура на възобновяемите енергийни източници: фотоволтаични (PV) централи – 54 TWh (40 GWp); ВЕЦ – 6 TWh; вятърни централи - 5 TWh. От сезонно съхранение на енергия (чрез съхранение на биомаса) може да се получи около 16 TWh топлинна енергия.

5. Съгласно предложения модел за развитието на енергетиката в страната, България ще бъде 100 % енергийно независима и чрез изградените за краткосрочни и сезонни системи за съхранение на енергия и „Между системни връзки“ ще се повиши енергийната сигурност на страната.

6. Развитието на енергийните техника и технологии води до намаление на цените на енергията. Цените на фотоволтаичната (PV) енергия през последните 10 години в глобален мащаб са намалени с 82 %. Например в Португалия през 2019 г. е постигната тръжна цена 0,0148 €/kWh.

7. През следващите години цените на PV енергията ще продължат да намаляват, вследствие въвеждането на: нови технологии за повишаване на ефективността; Agro PV; нови материали; мащаб на производството; приложение на двустранни (bifacial) PV панели с едноосни тракери (от което годишната генерация се повишава до 35 % ; провеждане на публични търгове с голям брой участници.

8. При евентуално изграждане на АЕЦ „Белене“, цената на енергията до крайните потребители (генерация + мрежови такси) ще надвишава 0,12 €/kWh. При тази цена на енергията и при либерализирания европейски енергиен пазар няма да има потребители, които биха купили от тази

енергия при условие, че на пазара има зелена енергия с около четири пъти по-ниска цена.

9. Инвестиционното осигуряване на възобновяемата енергетика се предвижда да се реализира чрез: фотоволтаични (PV) клетки по технологията „Perovskit“; увеличаване на единичната мощност и на експлоатационния срок на PV панелите; приложение на Agro PV поледи централи за условията в България за съвместно производство на PV енергия и овцевъдство.

10. Необходимите инвестиции за изграждане на генериращи мощности и мощности за съхранение на „зелена енергия“ над 85 % ще бъдат частни. Инвестициите ще се изплащат за период от 25 години чрез продадената енергия. Разходите за ремонт и поддържане на генериращите мощности са за сметка на Инвеститора за целия период от 25 години.

ИНФОРМАЦИОННИ ИЗТОЧНИЦИ

Национален статистически справочник 2019.

- [1] PV – Magazine 24.04.2020 Uncapping Germany's 1 TW of PV potential.
- [2] Директива 2012/27/ ЕС на Европейския парламент и на Съвета от 25 октомври 2012 година относно енергийната ефективност, за изменение на директиви 2009/125/ЕО и 2010/30/ЕС и за отмяна на директиви 2004/8/ЕО и 2006/32/ЕО.
- [3] PV – Magazine – 28.04.2020 Abu Dhabi's 1.5 GW tender draws world low price of \$ 0.0125/kWh.
- [4] PV – Magazine 28.05.2020 Albania's 140 MW tender concludes with financial price of 0.0248 €/ kWh
- [5] PV – Magazine 31.07.2019 Portuguese action attracts world record of 14.8 €/MWh for solar.
- [6] German PV tender delivers record low most low solar power price of 0.0335 €/kW – 03, 2020.
- [7] PV Magazine 23.04.2020 France makes 44 GW solar target official.
- [8] PV Magazine 22.04.2020 More than 100 GW of solar in the Netherlands possible by 2050 ?
- [9] PV Magazine 16.04.2020 Renewables and geopolitics who will “win” the energy transition ?
- [10] PV Magazine 03.06.2020 PV Plants lasting longer with lower personal costs
- [11] Benchmarking Utility – Scale PV Operational Expenses and Project Lifetimes: Results from a survey of V.S. Solar Industry Professionals.
- [12] Jan 8th 2020 IRENA Assembly: Utility scale solar LCOE falls 73% since

2010 – January 13.2018, Abu Dhabi.

- [13] PV Magazine 03.06.2020 Solar Costs have fallen 82% since 2010.
- [14] PV Magazine 24.03.2020 Perovskite technology – beyond efficiency record.
- [15] PV Magazine 04.02.2020 New perovskite promises 38.7% efficient tandem cells;
- [16] MIT News “New solar cells are more efficient, cost less than its counterparts”
- [17] PV Magazine – 05.06.2020 Single-axis bifacial PV offers lowest LCOE in 93.1% of worlds land area.
- [18] Василев Х. Бъдеще за България – януари 2018. Приложение 1, което е неразделна част от проекта.
- [19] PV Magazine, 01.06.20 Electric aircraft engines could take to the skies over Australia.
- [20] PV Magazine 09.06.20 – Historical-low interest rates will power ahead astonishing solar cost reductions.
- [21] PV Magazine, 12.06.20 – World’s first self -drifting solar boat.
- [22] Monash University Australia 17.04.20 – Transactive Energy Market for Energy Management in Microgrids : The Monash Microgrid Case Study.
- [23] International Journal of Hydrogen Energy “Technical potential of salt caverns for hydrogen storage in Europe”- 28.02.20
- [24] PV- Magazine 16.06.20 Global solar capacity may reach 1448 GW in 2024
- [25] PV – Magazine 18.06.20 EU needs 108 GW of battery storage for climate targets.
- [26] PV – Magazine 19.06.20 Leaked : EU hydrogen strategy eyes €140 billion turnover by 2030
- [27] PV - Magazine 20.06.20 A green road to recovery.
- [28] Advanced Energy Material “ Low-cost direct solar-to-hydrogen ambitions see the light” – 06.2020
- [30] Instytut Energetyki Odnawialnej “ Poland to reach 7.8 GW comulative PV by 2025.
- [31] PV Magazine 24.08.20 “Portugal’s second PV auction draws world record low bid of \$0.0132/kWh”.