

**СТОПАНСКА АКАДЕМИЯ „Д. А. ЦЕНОВ“**

**Факултет „Финанси“**

**Катедра „Финанси и кредит“**

---

**Докторант Годор Димитров Георгиев**

## **АВТОРЕФЕРАТ**

на дисертация за присъждане на образователна и научна степен  
„доктор“ (по икономика) по докторска програма „Финанси,  
парично обращение, кредит и застраховка“ (Финанси) на тема:

# **„ИНВЕСТИЦИИ ВЪВ ФОТОВОЛТАИЧНИ ЦЕНТРАЛИ – ФИНАНСОВИ И ЕКОЛОГИЧНИ АСПЕКТИ“**

Научен ръководител:

Проф. д-р Андрей Боянов Захариев

Свищов

2024

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита на заседание на катедрения съвет на катедра „Финанси и кредит“ при Факултет „Финанси“ на Стопанска академия „Д.А.Ценов“-гр.Свищов.

Данни за дисертационния труд:

Брой страници – 239

Брой фигури – 55

Брой таблици – 122

Брой литературни източници – 151

Брой публикации на дисертанта – 5

Защитата ще се проведе на 13 юни 2024 г. (четвъртък) от 12.00 ч. в Заседателната зала „Ректорат“ на СА „Д. А. Ценов“ и хибридно на адрес: <https://bbb.uni-svishtov.bg/b/yc7-x2c-dtm>

Материалите по защитата са на разположение в Отдел „Докторантура и академично развитие”.

## СЪДЪРЖАНИЕ НА АВТОРЕФЕРАТА

I. Обща характеристика на дисертационния труд .....	4
1. Актуалност на темата.....	4
2. Обект и предмет на изследването .....	5
3. Изследователска теза .....	5
4. Цел на дисертационния труд.....	6
5. Задачи и методология на изследването .....	6
6. Обхват на изследването .....	7
7. Структура на изследването.....	8
8. Приложимост на резултатите от изследването .....	12
II. Основно съдържание на дисертационния труд.....	13
Глава първа. Теоретични, пазарни и екологични аспекти на инвестициите в електроенергийния сектор .....	13
Глава втора. Ценовият сегмент „Ден напред“ като определящ фактор за възвращаемост от инвестициите в соларни централи .....	17
Глава трета. Финансов анализ и оценка на проектна компания за инвестиция в изграждане на фотоволтаична централа.....	29
Заключение.....	34
III. Насоки за бъдещи изследвания по темата на дисертацията .....	37
IV. Справка за научните и научно-приложни приноси в дисертационния труд.....	38
V. Списък с публикациите на докторанта .....	39
VI. Справка за участие на докторанта в научни форуми .....	41
VII. Справка за съответствие с националните изисквания по Правилника за приложение на Закона за развитие на академичния състав в Република България.....	42
VIII. Наукометрични показатели на дисертационния труд.....	43
IX. Декларация за оригиналност на дисертационния труд.....	44

# **I. Обща характеристика на дисертационния труд**

## ***1. Актуалност на темата***

Енергийната система на Република България е отрасъл на икономиката, който влияе пряко на всички останали системи и икономически агенти. Цената на произведена енергия е основен компонент на себестойността на практически всички стоки и услуги. Сред разнообразието на енергогенериращи мощности обаче има и такива, в които горивната компонента е „даденост от природата“, базирано върху концепцията за енергийна възобновяемост. Сред тези мощности с глобално влияние и постоянна експанзия са фотоволтаичните централи. Тяхното изграждане, въвеждане в експлоатация и последващо оперативно функциониране с подаване на соларна електроенергия в мрежата са от важно значение за състоянието и перспективите на обезпечаване на енергийния баланс на република България. Ето защо анализът на текущото състояние и перспективите за инвестиции и развитие на фотоволтаичните централи в енергийния баланс на нашата страна следва да се възприемат като приоритет на енергийната стратегия и европейската „Зелена сделка“.

Поставените от ЕС цели за достигане на дял на енергията от възобновяеми източници в общия енергиен баланс от 27% спрямо общото енергийно потребление изисква значителни инвестиции. Тази цел е достижима за България само в условия на подкрепяща правителствена политика, работещи технологични решения и добра регулаторна рамка. „Зелената сделка“ на ЕС обаче изисква и прецизен баланс, и умерен преход, защото най-голямата опасност в електроенергийната система е недостигът или липсата на мощност по електропреносната мрежа от производителите към потребителите.

Това позволява да се развият аргументи в подкрепа на твърдението, че климатичните дадености, географското разположение, степента на

урбанизация, гъстотата и капацитетът на електропреносната мрежа са фактори, които подкрепят и мотивират инвестициите във фотоволтаични централи.

## ***2. Обект и предмет на изследването***

На тази основа за **обект** на изследването се определят инвестициите във фотоволтаични централи в България. Енергетиката е основен сектор на националната ни икономика. Нейното развитие в годините, значителните частни и публични инвестиции, влиянието на „Зелената сделка“ в ЕС, благоприятното географско положение с умерен климат на континента Европа и значителен брой дни с интензивно слънцегреене са стратегическо предимство за обосновка на инвестиции във фотоволтаични централи.

За **предмет** на дисертацията се определят финансовите и екологичните аспекти при вземането на решения за инвестиции във фотоволтаични централи, обосновани от ценовите равнища и обемите на търсене и предлагане на националния и международния пазар на електроенергия.

Инвестициите във фотоволтаични централи изискват прецизен анализ на всички финансови и екологични аспекти, съобразно нормативната рамка в страната и ЕС, при прецизна оценка на ефекта на „Зелената сделка“ и стратегически предимства на географските локации на соларни ВЕИ.

## ***3. Изследователска теза***

**Тезата** на дисертационния труд се базира върху твърдението, че „Зелената сделка“ в ЕС формира нарастващо търсене на ниско въглеродни производства на електроенергия, което създава позитивна перспектива за инвестиции във фотоволтаични централи, основани на финансови модели за възвръщаемост при съобразяване с екологичните регулации в страната и ЕС.

#### ***4. Цел на дисертационния труд***

**Целта** на изследването е да се направи финансово-икономически анализ и да се предложат обосновани решения за инвестиции в нисковъглеродни производства на електроенергия, с обосновка на предимствата на фотоволтаични централи, при отчитане на екологичните регулации в България и ЕС, ценовите равнища, обемите на търсене на независимите енергийни борси, както и стратегическите предимства на географската локация на страната в Южна Европа.

#### ***5. Задачи и методология на изследването***

Следвайки така формулираните цел, обект, предмет и теза, могат да се формулирани следните **задачи** и развие релевантна **структура** на дисертацията.

Конкретните **задачи**, които се поставят в разработката, са:

**Първо.** Да се направи анализ на теоретичните изследвания в сектора и емпиричните свидетелства за развитие на сектор „Електроенергетика“ в България в светлината на „Европейската Зелена сделка“ с тенденцията към увеличаване дела на възобновяемите енергийни източници в електроенергийния микс на страната.

**Второ.** Да се направи иконометричен анализ за периода 2019–2023 год. на сегмент „Ден напред“ на независимата енергийна борса по примера на България и икономики от Централна и Югоизточна Европа за определяне характеристиките на цената (в Евро/MWh) като водещ показател в моделите за инвестиции във фотоволтаични централи.

**Трето.** Да се обоснове инвестиционно намерение за изграждане на мрежа от фотоволтаични централи в България, съчетаваща най-добри технологични показатели за производителност на соларни панели с варианти за кредитно финансиране на проектна компания.

В **методически аспект** изследването се базира върху използването и прилагането на сравнителния анализ, методите на дедукцията и индукцията, графичен метод, статистическите методи за анализ, дескриптивна статистика, регресионен и корелационен анализ и др.

### ***6. Обхват на изследването***

Изследователските търсения в дисертационния труд, в тяхната теоретична и емпирична част, се ограничават в своя обхват до точно определени аспекти на инвестициите във ФТЕЦ с оценка на ценовата динамика на борсовия сегмент „Ден напред“ като ключов фактор за възвращаемост на тези инвестиции и формиране на нетния паричен поток. Екологичният аспект на изследването е засегнат като фактор подкрепящ експанзията в тези инвестиции и поставянето на високи количествени цели за изграждане на мрежа от соларни паркове в страната и ЕС. **Извън обхвата** на изследването остават проблемите за инвестиции в батерии за съхраняване на свръх произведената от ФТЕЦ електроенергия с оглед конкурентното търсене на базисни материали и елементи, осигуряващи сектора за производство на електромобили за сметка на възможностите за интегриране на високо ефективни батерии. Паралелно встрани от изследването стоят и въпросите за свързаните със соларните паркове други възобновяеми енергийни източници и технологии, които могат да бъдат обект на допълнителни самостоятелни научни изследвания. Възможните екологични предизвикателства за извеждане от експлоатация на ФТЕЦ след техния полезен срок на действие са оставени като предмет за бъдещи изследвания. В този аспект експлоатационния живот на съвременните соларни панели определя нискорисков профил на тези инвестиции, но и повдига въпроса за технологиите за тяхното рециклиране, когато момента настъпи.

## 7. Структура на изследването

Дисертационният труд е с общ обем 239 стандартни страници, структуриран в три глави по следния начин:

<b>СПИСЪК НА ТАБЛИЦИТЕ</b> .....	7
<b>ВЪВЕДЕНИЕ</b> .....	13
<b>ГЛАВА ПЪРВА. ТЕОРЕТИЧНИ, ПАЗАРНИ И ЕКОЛОГИЧНИ АСПЕКТИ НА ИНВЕСТИЦИИТЕ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГИЙНИЯ СЕКТОР</b> .....	20
1. <i>Теоретични аспекти на фотоволтаичните електроцентрали – технологични особености и икономическа ефективност</i> .....	21
2. <i>Енергиен баланс на република България, възобновяеми енергийни източници и фотоволтаичните централи – исторически свидетелства</i> .....	23
3. <i>Критичен анализ на „Европейската зелена сделка“ като екологичен регулаторен стандарт в електроенергийния сектор</i>	29
4. <i>Еволюция на борсовия сегмент „Ден напред“ като индикатор за възвращаемостта при инвестициите в соларни централи</i> .....	36
4.1. <i>Европейският целеви модел за борсово ценообразуване на електроенергията</i> .....	36
4.2. <i>Българската независима енергийна борса (IBEX) – история, продукти и услуги</i> .....	39
4.3. <i>Блоков анализ на електроенергийната цена в сегмент „Ден напред“ в условия на международен пренос на икономически смущения</i> .....	43
4.4. <i>Бенчмарк изследване на електроенергийно блоково ценообразуване в Словения</i> .....	59



<i>5. Състояние и тенденции в електропроизводството в България през 2022 год.</i> .....	63
---	----

<i>5.1. Показатели на електроенергийната система на България и междусистемен обмен във форсмажорна среда през 2022 год.</i> .....	64
---	----

<i>5.2. Ценова динамика на електроенергията и регресионно моделиране на сегмент „ден напред“ в България през 2022 год.</i> .....	66
--	----

<i>Основни изводи от изследването в глава първа</i> .....	70
---	----

## **ГЛАВА ВТОРА. ЦЕНОВИЯТ СЕГМЕНТ „ДЕН НАПРЕД“ КАТО ОПРЕДЕЛЯЩ ФАКТОР ЗА ВЪЗВРАЩАЕМОСТ ОТ ИНВЕСТИЦИИТЕ В СОЛАРНИ ЦЕНТРАЛИ**..... 74

<i>1. Постановка на проблема за статистическите показатели за електроенергийна цена в селектирани държави от ЕС (2019-2023 г.)</i> .....	75
--	----

<i>2. Многофакторно моделиране на електроенергийна цена „Ден напред“ за 2019 год.</i> .....	75
---	----

<i>2.1. Описание на данните, дескриптивна статистика и корелограма</i> .....	76
--	----

<i>2.2. Многофакторен линеен регресионен модел за IBEX в сегмент „Ден напред“ за 2019 г.</i> .....	82
--	----

<i>3. Многофакторно моделиране на електроенергийна цена „Ден напред“ за 2020 год.</i> .....	92
---	----

<i>3.1. Описание на данните, дескриптивна статистика и корелограма</i> .....	92
--	----

<i>3.2. Многофакторен линеен регресионен модел за IBEX в сегмент „Ден напред“ за 2020 г.</i>	<i>97</i>
<b>4. Многофакторно моделиране на електроенергийна цена „Ден напред“ за 2021 год.</b>	<b>106</b>
<i>4.1. Описание на данните, дескриптивна статистика и корелограма</i>	<i>106</i>
<i>4.2. Стъпаловиден многофакторен регресионен модел за IBEX в сегмент „Ден напред“ за 2021 г.</i>	<i>112</i>
<b>5. Многофакторно моделиране на електроенергийна цена „Ден напред“ за 2022 год.</b>	<b>121</b>
<i>5.1. Описание на данните, дескриптивна статистика и корелограма</i>	<i>121</i>
<i>5.2. Стъпаловиден многофакторен регресионен модел за IBEX в сегмент „Ден напред“ за 2022 г.</i>	<i>127</i>
<b>6. Многофакторно моделиране на електроенергийна цена „Ден напред“ за 2023 год.</b>	<b>136</b>
<i>6.1. Описание на данните, дескриптивна статистика и корелограма</i>	<i>136</i>
<i>6.2. Стъпаловиден многофакторен регресионен модел за IBEX в сегмент „Ден напред“ за 2023 г.</i>	<i>142</i>
<i>Основни изводи от изследването в глава втора.</i>	<i>151</i>
<b>ГЛАВА ТРЕТА. ФИНАНСОВ АНАЛИЗ И ОЦЕНКА НА ПРОЕКТНА КОМПАНИЯ ЗА ИНВЕСТИЦИЯ В ИЗГРАЖДАНЕ НА ФОТОВОЛТАИЧНА ЦЕНТРАЛА.</b>	<b>164</b>

1. Перспективи за изграждане на децентрализирана мрежа от фотоволтаични централи по примера на „Смарт Енерджи Груп“ .....	165
1.1. Регулаторната рамка и сумарни работни графици на ВЯЕЦ и ФЕЦ.....	167
1.2. Времеви инженерно-логистичен график за изграждане на фотоволтаична централа.....	169
2. Първично проектиране на инсталация за производство на електрическа енергия от възобновяем енергиен източник с обща инсталирана мощност до 1 MW.....	171
3. Вторично апробиране на бизнес план за изграждането на фотоволтаична централа с мощност над 1 MW чрез проектна компания и кредитно финансиране.....	176
4. Системни и несистемни рискове при инвестициите във фотоволтаични централи .....	199
Основни изводи от изследването в глава трета .....	203
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>207</b>
<b>БИБЛИОГРАФИЯ.....</b>	<b>210</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ .....</b>	<b>226</b>
Приложение 1. Нормативна рамка за осигуряване на безопасната работа при експлоатацията и ремонта на съоръжения и инсталации към фотоволтаични централи (соларни паркове).226	
Приложение 2. Иконометрични резултати от анализа за Словения.....	230
<b>АВТОРСКИ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМАТА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД.....</b>	<b>234</b>

<b>УЧАСТИЕ НА ДОКТОРАНТА В НАУЧНИ ФОРУМИ.....</b>	<b>236</b>
<b>СЪОТВЕТСТВИЕ С ИЗИСКВАНИЯТА НА ПРАВИЛНИКА ЗА ПРИЛАГАНЕ НА ЗАКОНА ЗА РАЗВИТИЕ НА НАУЧНИЯ СЪСТАВ В РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ.....</b>	<b>237</b>
<b>НАУКОМЕТРИЧНИ ПОКАЗАТЕЛИ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД.....</b>	<b>238</b>
<b>ДЕКЛАРАЦИЯ ЗА ОРИГИНАЛНОСТ .....</b>	<b>239</b>

### ***8. Приложимост на резултатите от изследването***

Развитите в дисертационния труд теоретични разсъждения и изводи, както и най-вече емпиричните резултати от изследването, имат за цел да подкрепят схващането, че преходът към нисковъглеродна икономика изисква инвестиции в безусловния двигател на икономиката – производството на електроенергия. На тази основа, развитите изследвания и модел за инвестиция във ФТЕЦ чрез проектна компания е полезен ориентир и инструмент за всеки субект, който желае да бъде част от новото лице на енергетиката в България. Перспективата е за преобладаващ дял на възобновяемите енергийни източници и приключил преход от силно замърсяващи енергийни технологии, към отговарящи на целите на „Зелената сделка“ параметри и показатели в енергийния баланс на страната.

На последно място, но не и по значение, използваните в дисертационния труд литературни и информационни източници, разработените и адаптирани иконометрични модели, разучените и усвоени подходи за изследване и представяне на знания, са изключително полезни за автора в работата му като ръководител на дружества инвестиращи във ФТЕЦ, и подобряват неговите компетенции и работоспособност.

## II. Основно съдържание на дисертационния труд

### *Глава първа. Теоретични, пазарни и екологични аспекти на инвестициите в електроенергийния сектор*

**Изследователската хипотеза**, която ще бъде тествана в настоящата глава първа, се формулира, както следва: В условията на екологични регулации и разписани цели в „Европейската зелена сделка“ развитието на капацитета за добив на електроенергия от възобновяемите енергийни източници в България и ЕС изисква ускорен темп, нарастващ дял в енергийния микс и повишено търсене на ефективни инженерно-технически решения.

За решаване се поставя **задачата** за анализ на теоретичните изследвания в сектора и емпиричните свидетелства за развитие на сектор „Електроенергетика“ в България в светлината на „Европейската зелена сделка“ с тенденцията към увеличаване дела на възобновяемите енергийни източници в електроенергийния микс на страната и ЕС.

С оглед на така формулираната хипотеза глава първа има следната структура и фокус върху: първо, исторически анализ и оценка на технологичните особености и ефекти от инвестиции във фотоволтаични централи; второ, изследване на мястото и ролята на енергията от възобновяеми енергийни източници в енергийния баланс на България; трето, „Европейската зелена сделка“ като рамка за приоритетно развитие на инвестиции във ВЕИ и в частност във фотоволтаични централи.

В рамките на изложението в глава първа могат да се обобщят следните по-важни резултати, изводи и констатации:

Първо. Базисният материал, използван за производството на фотоволтаични преобразуватели, са полупроводникови материали, базирани върху многокристален силиций, който осигурява енергийна ефективност за електричество от концентрирана слънчева енергия от 33%

(ЕС, 2022), съпоставено с електричество от геотермални източници с ефективност 10% , респ. с получена топлина от геотермални източници с ефективност 50%, с получена топлина от слънчева топлинна енергия при ефективност 100% и за електричество и получена топлина от ядрени източници при ефективност 33%. От своето инженерно въвеждане през 1954 год. до 2020 год. единица соларен панел с площ 1.7 кв.м. постига 22 пъти нарастване на произведеното електрозахранване (от 20W до 440W) при еквивалентно нарастване на ефективност от 6% до над 22%.

Второ. С въвеждането на регулаторния подход за балансиране на енергийните системи в ЕС се цели енергийно подсигуриране на растежа на БВП на Съюза и страните-членки. При кризата с прекъснатите източни коридори за доставки на природен газ се потвърди, че ЕС може в кратки срокове да адаптира своите газоинтензивни икономически оператори към диверсифицирани източници и пазарни инструменти. В сектора на електроенергията пазарните свидетелства потвърждават, че „зеленият преход“ е амбициозна цел. Тя насочва милиардни потоци към ВЕИ централи основно на вятър и слънце, което формира зависими от природата синусоиди за доставка на електроенергия със „зелен“ произход. Появява се феноменът на нулевите борсови цени на електроенергия. Той е следствие от пикове на количества от евтина електроенергия (които офшорните ветроенергийни паркове в Северно и Балтийско море създават), чиято цена силно ерозира показателите за инвестиционна ефективност.

Трето. Осъществяването на Европейския зелен пакт има своята ключова цел, а именно Европейският съюз да намали своите нетни парникови емисии с 55% към края на 2030 год. в сравнение с нивата от 1990 год. Тази цел налага провеждане на конкретни подпомагащи политики по отношение на климата, енергетиката, транспорта и данъчното облагане, които способстват постигането на така формулираната цел. Част от тези

политики е свързана с енергията от възобновяеми енергийни източници, сред които са и фотоволтаичните централи.

Четвърто. На национално ниво са разработени, приети и последващо актуализирани национални енергийни и климатични планове (NECP). Съгласно „Интегриран план в областта на енергетиката и климата на Република България 2021 - 2030 г.“ е записана прогноза към 2030 год., инсталираните мощности за енергия от ВЕИ да достигнат до 10.9 GW, с водещ дял на фотоволтаичните електроцентрали от 5.5 GW, които до 2035 год. да нараснат до максимален мащаб от инсталирана мощност от 6.2 GW. Стъпковото увеличение на кумулативната мощност на фотоволтаичните централи при база 2020 год. 1.1 GW е 345% към 2025 год. (или 3.8 GW) и 564% (или 5.5 GW) през 2030 год. Следователно в периода 2020–2030 год. ще се осъществят най-мащабните секторни инвестиции в енергетиката с водеща роля на соларните електроцентрали.

Пето. Основната цел на политиките на ЕС за интеграция на националните енергийни пазари е постигане на социално благосъстояние. Самата интеграция и сътрудничество позволяват да се повиши сигурността на доставките на електроенергия, да се насърчи конкуренцията и да се подкрепя процесът на декарбонизацията в ЕС. Базисната постановка за развитие на пазарното свързване „Ден напред“ (SDAC) е да създаде единен паневропейски междузонален пазар на електроенергия, в който търговските сделки се сключват днес, с доставка „Ден напред“. Интегрираният пазар на ЕС в посочения сегмент „Ден напред“ цялостно увеличава ефективността на търговията чрез насърчаване на ефективна конкуренция. Обективно ограничение пред системата са капацитетите за трансграничния пренос. Съчетанието на двата фактора позволява постигане на максимализирано социално благосъстояние. Оценките за базисната за анализ 2019 год. са за постигане на сближаване на средните часови цени в сегмента и отчитане на

позитивен икономически аспект от свързаността, измерен чрез показателя „Благосъстоянието, управлявано от алгоритъма“.

Шесто. „Българска независима енергийна борса“ (БНЕБ) ЕАД е създадена през януари 2014 г. Първоначално е 100% собственост на БЕХ ЕАД, а от 2018 год. е 100% собственост на „БФБ“ АД. На енергийната борса с най-голям обем са сделките в сегмента „Ден напред“, следван от сегмента „В рамките на деня“ и сегмента „Двустранни договори“.

Седмо. Чрез статистическото тестване на корелацията на енергийните пазари на шест избрани страни от ЦИЕ в сегмент „Ден напред“ при форсмажорни обстоятелства през 2022 г. се установява международен пренос на икономически смущения, като енергийният пазар в изследваните страни от ЦИЕ засилва външния натиск и се превръща в проинфлационен фактор. Изчислените от Евростат рекордни темпове на инфлация за 2022 г. от 9,2% средно за ЕС (при база за 2021 г. от 2,9%) и шестте изследвани държави (България с 8,2%, Румъния с 5,7%, Унгария със 17,2%, Словакия с 11,9%, Чехия с 8,1% и Словения с 14%) ясно показват, че страните от ЦИЕ могат лесно да поемат негативни външни икономически шокове.

Осмо. Изследване на енергийната борса на Словения (брандирана като „Южен пул“) извлича ценни аналитични изводи за ефектите на европейските електроенергийни регулации върху националните цени в най-динамичния ценови сегмент – „Ден напред“. Проучването тества хипотезата за позитивната корелация на относително малкия електроенергиен пазар на Словения. Нейното стратегическо разположение, както и наличието на АЕЦ, я правят транзитен хъб за електрическа енергия между системната за ЕС икономика на Италия и разположените на север и изток Австрия, Хърватска, Унгария, Чехия и Словакия.

Девето. Електроенергийното производство в България през 2022 год. отбеляза исторически рекорд за последните десет години от 50.570 млн. MWh. Нарастването на показателя е с 5.8% спрямо 2021 год. и с цели 23,7%



спрямо 2020 год. Този рекорд е подкрепен с увеличението с 38.5% на капацитета за производство от Фотоволтаични електроцентрали (ФТЕЦ) до достигане на 12.8% дял от общата инсталирана мощност по тип генерация. Общата мощност достига през 2022 год. върховия капацитет от 13505 MW при пиков товар за годината от 7150 MW. Годишните физически трансгранични обмени на електроенергия за 2022 год. запазват своето положително салдо и възлизат на 12244830 MWh, което е увеличение спрямо 2021 год. с 38.8%. При анализ на съвкупност от часови данни за всички дни от 2022 година или 8760 ценови записи и при идентичен обем данни за количество се установява коефициент на вариация за цената в сегмент „Ден напред“ от 51.8% и 16.3% за количествата. Рангът на изменение за цените е в скалата от 0.17 Евро/MWh до исторически рекордните за българския енергиен пазар 936.33 Евро/MWh.

***Глава втора. Ценовият сегмент „Ден напред“ като определящ фактор за възвращаемост от инвестициите в соларни централи***

**Изследователската хипотеза**, която ще бъде тествана в настоящата глава втора се формулира, както следва: Чрез иконометричен анализ на сегмент „Ден напред“ на независимата енергийна борса в дванадесет икономики от Централна и Югоизточна Европа може да се изведат модели за прогнозиране на цената (в Евро/MWh) на електроенергията като основен показател в моделите за инвестиции във фотоволтаични централи и да се установят тенденции за повишаване (по години) на корелацията на ценовите равнища в сектора за страни, с висока свързаност на електропреносните системи.

За решаване се поставя **задачата** за провеждане на иконометричен анализ за периода 2019–2023 год. на сегмент „Ден напред“ на независимата енергийна борса по примера на България и икономики от Централна и

Югоизточна Европа за определяне характеристиките на цената (в Евро/MWh) като водещ показател в моделите за инвестиции във фотоволтаични централи.

С оглед на така формулираната хипотеза глава втора е структурирана в следните обособени части. Параграф първи въвежда в проблематиката. В параграфи от втори до шести се провежда многофакторно моделиране на електроенергийна цена „Ден напред“ от 2019 до 2023 год.

Всички анализи са проведени в среда IBM SPSS.

В рамките изложението в глава втора са изведени и обобщени следните по-важни резултати, изводи и констатации:

Първо. Особеното на търговията с електрическа енергия са ограниченията за междусистемен обмен и невъзможността за „складиране“ на тази енергия. Това води до формиране на пулове от страни, чиито електроенергийни системи позволяват междусистемен пренос на електроенергия, но и понасят рисковете за ценови шокове на обичайно по-малките пазари от тези с по-голяма абсорбция. Географското положение на България обвързва логически електроенергийната борсова търговия с по-големите икономики и електроенергийни борси на Гърция и Румъния. Макар и да разполага с двукратно покритие от мощности на пиковите стойности на национално електроенергийно потребление, България понесе през 2022 год. тежки ценови удари върху икономическите оператори именно от гл. т. рекордните стойности на цената на електроенергия (в Евро/MWh).

Второ. При изследване на изменението на цената на електроенергия на българския пазар ден напред (P\_BG) се търси влиянието на факторите Ден (Day), Час (Hour), цената на пазара „Ден напред“ в Чехия (P\_CZ), цената на пазара „Ден напред“ в Словакия (P\_SK), цената на пазара „Ден напред“ в Унгария (P\_HU), цената на пазара „Ден напред“ в Румъния (P\_RO), цената на пазара „Ден напред“ в Словения (P\_SL), цената на пазара

„Ден напред“ в Гърция (P\_GR), цената на пазара „Ден напред“ в Полша (P\_PL), цената на пазара „Ден напред“ в Германия (P\_DE), цената на пазара „Ден напред“ в Австрия (P\_AT), цената на пазара „Ден напред“ в Италия (P\_IT), цената на пазара „Ден напред“ в Хърватия (P\_HR) и продаденото количество на българския пазар (BGv). Цените на енергията са представени в EUR/MWh, а обемът на продаденото количество в MWh. За 2019 год. се установява, че най-ниска за годината е средната електроенергийна цена „Ден напред“ на немския пазар (37.67 EUR/MWh), а най-висока на гръцкия (63.82 EUR/MWh).

Трето. За 2019 год. корелационните коефициенти на Пиърсън от генерираната корелограма показват много голяма положителна корелация (в диапазона  $0.70 < r \leq 1.00$ ) при ниво на значимост 0,01 между: P\_BG и P\_HU (0.757); P\_BG и P\_RO (0.748); P\_CZ и P\_SK (0.945); P\_CZ и P\_HU (0.757); P\_CZ и P\_DE (0.841); P\_CZ и P\_AT (0.894); P\_SK и P\_HU (0.761); P\_SK и P\_RO (0.721); P\_SK и P\_SL (0.716); P\_SK и P\_DE (0.780); P\_SK и P\_AT (0.857); P\_HU и P\_RO (0.939); P\_HU и P\_SL (0.876); P\_HU и P\_IT (0.728); P\_HU и P\_HR (0.883); P\_RO и P\_SL (0.824); P\_RO и P\_HR (0.833); P\_SL и P\_IT (0.724); P\_SL и P\_HR (0.968); P\_DE и P\_AT (0.859).

Четвърто. Многофакторният линеен регресионен модел за IBEX в сегмент „Ден напред“ за 2019 г. показва многомерен корелационен коефициент, сочещ силата на зависимостта между комбинацията от независими променливи и цената на българския пазар „Ден напред“ R в мащаб 0.767, а коефициентът на детерминация  $R^2 = 0.588$ . На толкова е равен и коригираният коефициент на детерминация (Adjusted  $R^2$ ). F-отношението (между вариацията, която се обяснява от модела (среден квадрат) и остатъчната вариация) е равно на 1787.176, при статистическа значимост на F-отношението 0.000, което е по-малко от 0.05, което означава, че резултатът е статистически значим и регресионният модел съответства на данните и има линейна зависимост между независимите и зависимата

променлива. Коефициентът на Дърбин-Уотсън от регресионния модел е 0.364, която стойност е значително по-ниска от 2 и следователно индикира наличието на позитивна автокорелация. Поради това линейният модел се трансформира в авторегресионен модел от първи порядък посредством процедурата на Кокран – Оркът. На база стандартизираните бета коефициенти може да се каже, че най-голям е приносът на цената на италианския пазар „Ден напред“, след това цената на румънския пазар, продадените количества на българския пазар, а най-малък е цената на гръцкия пазар.

Пето. Средната електроенергийна цена „Ден напред“ за 2020 г. за изследваните ценови променливи се движи в диапазона от 33.62 EUR/MWh до 46.66 EUR/MWh. От дескриптивната статистика за ценовите променливи се вижда, че най-ниска е средната електроенергийна цена „Ден напред“ на чешкия пазар (33.62 EUR/MWh), а най-висока на полския (46.66 EUR/MWh). За търгуваните обеми на българския пазар средното количество е 1759 MWh, което е по-високо от това през 2019 г.(957.85 MWh). Стойностите на коефициентите на асиметрия за повечето променливи са в диапазона от -1 до +1 и следователно показват нормално разпределение. Известна асиметрия се наблюдава при данните за цените на Румъния, Словения, Гърция, Хърватия и Унгария, която е положителна (дясна).

Шесто. Корелационните коефициенти на Пиърсън за 2020 год. от генерираната корелограма показват много голяма положителна корелация (в диапазона  $0.70 < r \leq 1.00$ ) при ниво на значимост 0,01 между: P\_CZ и P\_SK (0.990); P\_CZ и P\_HU (0.878); P\_CZ и P\_RO (0.860); P\_CZ и P\_SL (0.872); P\_CZ и P\_PL (0.750); P\_CZ и P\_DE (0.861); P\_CZ и P\_AT (0.941); P\_CZ и P\_HR (0.852); P\_CZ и P\_BG (0.820); P\_SK и P\_HU (0.886); P\_SK и P\_RO (0.868); P\_SK и P\_SL (0.878); P\_SK и P\_PL (0.746); P\_SK и P\_DE (0.847); P\_SK и P\_AT (0.932); P\_SK и P\_HR (0.858); P\_SK и P\_BG (0.829); P\_HU и P\_RO (0.975); P\_HU и P\_SL (0.921); P\_HU и P\_GR (0.742); P\_HU

и P\_DE (0.712); P\_HU и P\_AT (0.825); P\_HU и P\_HR (0.917); P\_HU и P\_BG (0.888); P\_RO и P\_SL (0.903); P\_RO и P\_GR (0.737); P\_RO и P\_AT (0.805); P\_RO и P\_HR (0.901); P\_RO и P\_BG (0.897); P\_SL и P\_DE (0.735); P\_SL и P\_AT (0.861); P\_SL и P\_HR (0.978); P\_SL и P\_BG (0.844); P\_GR и P\_BG (0.707); P\_PL и P\_AT (0.725); P\_DE и P\_AT (0.909); P\_DE и P\_HR (0.711); P\_AT и P\_HR (0.836); P\_AT и P\_BG (0.733); P\_HR и P\_BG (0.842).

Седмо. Многомерният корелационен коефициент R за 2020 год., показващ силата на зависимостта между комбинацията от независими променливи и цената на българския пазар „Ден напред“ е 0.904, а коефициентът на детерминация  $R^2 = 0.816$ . На толкова е равен и коригираният коефициент на детерминация (Adjusted  $R^2$ ). F-отношението е равно на 5575.73, при статистическа значимост 0.000, което е по-малко от 0.05. Това означава, че резултатът е статистически значим и регресионният модел съответства на данните и е налице линейна зависимост между независимите и зависимата променлива. Коефициентът на Дърбин-Уотсън от регресионния модел е 0.479, която стойност е значително по-ниска от 2 и следователно индикира наличието на позитивна автокорелация. Поради това линейният модел се трансформира в авторегресионен модел от първи порядък посредством процедурата на Кокран – Оркът.

Осмо. След осем итерации се достига до получаването на оптималния коефициент на автокорелация, който възлиза на 0.853. Въз основа на стойността на авторегресионния коефициент се получават новите параметри на модела. От тях се вижда, че многомерният корелационен коефициент R, показващ силата на зависимостта между комбинацията от избраните предиктори и цената на българския пазар „Ден напред“ е намалял от 0.904 на 0.625, а коефициентът на детерминация  $R^2$  е равен на 0.391. Коригираният коефициент на детерминация (Adjusted  $R^2$ ) е 0.390, което означава, че само 39% от промените в енергийната цена „Ден напред“ на българския пазар се определят от съвкупното влияние на включените

независими фактори. Коефициентът на Дърбин-Уотсън вече е 2.024 и следователно липсва автокорелация. Новите коефициенти на регресионния модел са положителни, което означава, че с тяхното нарастване, ще нараства и енергийната цена „Ден напред“ на българския пазар, а с намаляването им, тя също ще се намали. На тяхна основа може се извежда ново регресионно уравнение за 2020 год. На база стандартизираните бета коефициенти може да се каже, че най-голям е приносът на цената на румънския пазар „Ден напред“, следван от продадените количества на българския пазар, цената на италианския пазар „Ден напред“, а най-малък – цената „Ден напред“ на гръцкия пазар.

Девето. Средната електроенергийна цена „Ден напред“ за 2021 г. за изследваните ценови променливи се движи в диапазона от 87.03 EUR/MWh до 129.02 EUR/MWh, което е значително по-високо спрямо предходната година. От дескриптивната статистика за ценовите променливи се вижда, че най-ниска е средната електроенергийна цена „Ден напред“ на полския пазар (87.03 EUR/MWh), а най-висока на италианския (129.02 EUR/MWh). На българския пазар средната енергийна цена „Ден напред“ е 108.69 EUR/MWh. За търгуваните обеми на българския пазар средното количество е 2888.8 MWh, което е по-високо от това през 2020г. (1759 MWh). Стойностите на коефициентите на асиметрия за повечето променливи са в диапазона над +1 и следователно показват положителна асиметрия, като най-голяма е тя при Полша, Чехия, Словакия и Германия. Коефициентите за ексцес за всички променливи са различни от 0, като са положителни почти за всички променливи. Най-островърх ексцес се установява за Полша, Чехия, Словакия, Германия и Австрия. За BGv стойността на коефициента е почти 0. Коефициентите за ексцес имат отрицателни стойности за променливите Ден и Час. От данните за цените се вижда, че за повечето пазари са постигнати отрицателни цени „Ден напред“, а максималните достигат до 620 EUR/MWh. Минималните търгувани количества на

българския пазар са 1592.7 MWh, а максималните 4251.4 MWh, които значително надхвърлят тези от 2020 г.

Десето. Корелационните коефициенти на Пиърсън за 2021 год. от генерираната корелограма показват много голяма положителна корелация (в диапазона  $0.70 < r \leq 1.00$ ) при ниво на значимост 0,01 между: ); P\_CZ и P\_SK (0.983); P\_CZ и P\_HU (0.928); P\_CZ и P\_RO (0.897); P\_CZ и P\_SL (0.922); P\_CZ и P\_GR (0.861); P\_CZ и P\_PL (0.885); P\_CZ и P\_DE (0.974); P\_CZ и P\_AT (0.959); P\_CZ и P\_IT (0.838); P\_CZ и P\_HR (0.918) P\_CZ и P\_BG (0.878); P\_SK и P\_HU (0.941); P\_SK и P\_RO (0.912); P\_SK и P\_SL (0.928); P\_SL и P\_GR (0.871); P\_SL и P\_PL (0.872); P\_SK и P\_DE (0.955); P\_SK и P\_AT (0.957); P\_SK и P\_IT (0.845); P\_SK и P\_HR (0.924); P\_SK и P\_BG (0.889); P\_HU и P\_RO (0.977); P\_HU и P\_SL (0.971); P\_HU и P\_GR (0.941); P\_HU и P\_PL (0.827); P\_HU и P\_DE (0.902); P\_HU и P\_AT (0.960); P\_HU и P\_IT (0.906); P\_HU и P\_HR (0.967); P\_HU и P\_BG (0.949); P\_RO и P\_SL (0.948); P\_RO и P\_GR (0.940); P\_RO и P\_PL (0.808); P\_RO и P\_DE (0.871); P\_RO и P\_AT (0.929); P\_RO и P\_IT (0.885); P\_RO и P\_HR (0.945); P\_RO и P\_BG (0.964); P\_SL и P\_GR (0.838); P\_SL и P\_PL (0.823); P\_SL и P\_DE (0.900); P\_SL и P\_AT (0.965); P\_SL и P\_IT (0.919); P\_SL и P\_HR (0.996); P\_SL и P\_BG (0.938); P\_GR и P\_PL (0.763); P\_GR и P\_DE (0.838); P\_GR и P\_AT (0.908); P\_GR и P\_IT (0.926); P\_GR и P\_HR (0.937); P\_GR и P\_BG (0.956); P\_PL и P\_DE (0.868); P\_PL и P\_AT (0.851); P\_DE и P\_IT (0.744); P\_PL и P\_HR (0.820); P\_PL и P\_BG (0.788); P\_DE и P\_AT (0.946); P\_DE и P\_IT (0.823); P\_DE и P\_HR (0.986); P\_DE и P\_BG (0.853); P\_AT и P\_IT (0.891); P\_AT и P\_HR (0.961); P\_AT и P\_BG (0.913); P\_IT и P\_HR (0.917); P\_IT и P\_BG (0.882); P\_HR и P\_BG (0.935); P\_SK и Day (0.703); P\_HU и Day (0.772); P\_RO и Day (0.750); P\_SL и Day (0.790); P\_GR и Day (0.822); P\_AT и Day (0.749); P\_IT и Day (0.855); P\_HR и Day (0.791); P\_BG и Day (0.764).

Единадесето. Многомерният корелационен коефициент  $R$  за 2021 год, показващ силата на зависимостта между комбинацията от независими променливи и цената на българския пазар „Ден напред“ е 0.964, а коефициентът на детерминация  $R^2 = 0.930$ . На толкова е равен и коригираният коефициент на детерминация (Adjusted  $R^2$ ).  $F$ -отношението е равно на 28918.565, при статистическа значимост 0.000, което е по-малко от 0.05. Това означава, че резултатът е статистически значим и регресионният модел съответства на данните, както и че е налице линейна зависимост между независимите и зависимата променлива.

Дванадесето. Коефициентът на Дърбин-Уотсън от регресионния модел е 0.479, която стойност е значително по-ниска от 2 и следователно индикира наличието на позитивна автокорелация. Това е основание за трансформиране на линейния модел в авторегресионен модел от първи порядък посредством процедурата на Кокран – Оркът. Въз основа на стойността на авторегресионния коефициент, който е 0.876, се получават новите параметри на модела. От тях се вижда, че многомерният корелационен коефициент  $R$ , показващ силата на зависимостта между комбинацията от избраните предиктори и цената на българския пазар „Ден напред“ е намалял от 0.964 на 0.748, а коефициентът на детерминация  $R^2$  е равен на 0.559. Коригираният коефициент на детерминация (Adjusted  $R^2$ ) също е 0.559, което означава, че 55,9% от промените в енергийната цена „Ден напред“ на българския пазар се определят от съвкупното влияние на включените независими фактори. Коефициентът на Дърбин-Уотсън вече е 1.879, което е сравнително близо до 2. На база стандартизираните бета коефициенти може да се каже, че най-голям е приносът на цената на румънския пазар „Ден напред“, след това цената „Ден напред“ на полския пазар, продадените количества „Ден напред“ на българския пазар и часа.

Тринадесето. Средната електроенергийна цена „Ден напред“ за 2022 г. за изследваните ценови променливи се движи в диапазона от 166.72



EUR/MWh до 295.07 EUR/MWh, което е значително по-високо спрямо предходните три години. От дескриптивната статистика за ценовите променливи се вижда, че отново най-ниска е средната електроенергийна цена „Ден напред“ на полския пазар (166.72 EUR/MWh), а най-висока на италианския (295.07 EUR/MWh). На българския пазар средната енергийна цена „Ден напред“ е 253.24 EUR/MWh, което е два пъти над цената за 2021 г. от 108.69 EUR/MWh. За търгуваните обеми на българския пазар средното количество е 3187.82 MWh, което е по-високо от това през 2020 г. (2888.8 MWh). От данните за модата на ценовите фактори се вижда, че за българския пазар се установяват най-много сделки, сключени на цени от 138.41 EUR/MWh, което е малко по-високо спрямо 2020 година. Стойностите на коефициентите на асиметрия за повечето променливи надвишават +1, с изключение на Италия, и следователно показват умерена положителна асиметрия, като най-голяма е тя при Полша. Отрицателна стойност коефициентът има само за търгуваното количество на българския пазар „Ден напред“. Коефициентите за ексцес за всички променливи са различни от 0, като са положителни за почти всички променливи. Най-островърх ексцес се установява за Полша. За BGv стойността на коефициента е близък до 0, но отрицателен.

Четиринадесето. Корелационните коефициенти на Пиърсън от генерираната корелограма за 2022 год. показват много голяма положителна корелация (в диапазона  $0.70 < r \leq 1.00$ ) при ниво на значимост 0,01 между: P\_CZ и P\_SK (0.960); P\_CZ и P\_HU (0.948); P\_CZ и P\_RO (0.909); P\_CZ и P\_SL (0.946); P\_CZ и P\_GR (0.780); P\_CZ и P\_PL (0.720); P\_CZ и P\_DE (0.974); P\_CZ и P\_AT (0.963); P\_CZ и P\_IT (0.831); P\_CZ и P\_HR (0.940); P\_CZ и P\_BG (0.851); P\_SK и P\_HU (0.989); P\_SK и P\_RO (0.953); P\_SK и P\_SL (0.975); P\_SL и P\_GR (0.807); P\_SK и P\_DE (0.916); P\_SK и P\_AT (0.967); P\_SK и P\_IT (0.852); P\_SK и P\_HR (0.973); P\_SK и P\_BG (0.975); P\_HU и P\_RO (0.965); P\_HU и P\_SL (0.979); P\_HU и P\_GR (0.819); P\_HU и

P\_DE (0.904); P\_HU и P\_AT (0.964); P\_HU и P\_IT (0.857); P\_HU и P\_HR (0.979); P\_HU и P\_BG (0.886); P\_RO и P\_SL (0.946); P\_RO и P\_GR (0.838); P\_RO и P\_DE (0.861); P\_RO и P\_AT (0.924); P\_RO и P\_IT (0.836); P\_RO и P\_HR (0.955); P\_RO и P\_BG (0.913); P\_SL и P\_GR (0.809); P\_SL и P\_DE (0.906); P\_SL и P\_AT (0.974); P\_SL и P\_IT (0.865); P\_SL и P\_HR (0.989); P\_SL и P\_BG (0.871); P\_GR и P\_DE (0.741); P\_GR и P\_AT (0.790); P\_GR и P\_IT (0.798); P\_GR и P\_HR (0.822); P\_GR и P\_BG (0.864); P\_PL и P\_DE (0.723); P\_DE и P\_AT (0.938); P\_DE и P\_IT (0.806); P\_DE и P\_HR (0.895); P\_DE и P\_BG (0.811); P\_AT и P\_IT (0.860); P\_AT и P\_HR (0.964); P\_AT и P\_BG (0.854); P\_IT и P\_HR (0.862); P\_IT и P\_BG (0.781); P\_HR и P\_BG (0.879).

Петнадесето. С помощта на постъпковия метод е получен оптималният регресионен модел за 2022 год., който включва независимите променливи: BGv, Hour, P\_DE, P\_PL, P\_GR, P\_IT, P\_RO. С така определените предиктори е приложен методът „Включване за получаване на параметрите на модела“. Многомерният корелационен коефициент R, който показва силата на зависимостта между комбинацията от независими променливи и цената на българския пазар „Ден напред“ е 0.934, а коефициентът на детерминация  $R^2 = 0.872$ . Коригираният коефициент на детерминация (Adjusted  $R^2$ ) също е равен на 0.872. F-отношението е равно на 8537.637, при статистическа значимост 0.000, което е по-малко от 0.05. Това означава, че резултатът е статистически значим и регресионният модел съответства на данните, както и че е налице линейна зависимост между независимите и зависимата променлива. Всички коефициенти, с изключение на константата са статистически значими, тъй като всички стойности са по-малки от 0.01. Коефициентът на Дърбин-Уотсън от регресионния модел е 0.881, която стойност е значително по-ниска от 2 и следователно индикира наличието на позитивна автокорелация.

Шестнадесето. Чрез процедурата на Кокран – Оркът се трансформира множественият линеен регресионен модел в авторегресионен модел от първи порядък за 2022 год. В съответствие със зададените критерии са генерирани 12 итерации, като оптималният автокорелационен коефициент, който е получен, е 0.764. От тях се вижда, че многомерният корелационен коефициент  $R$ , отчитащ силата на зависимостта между комбинацията от избраните предиктори и цената на българския пазар „Ден напред“ е намалял спрямо първоначалната регресия. След трансформацията  $R=0.685$ , а коефициентът на детерминация  $R^2$  е равен на 0.469. Коригираният коефициент на детерминация (Adjusted  $R^2$ ) също е 0.469, което означава, че 46,9% от промените в енергийната цена „Ден напред“ на българския пазар се определя от съвкупното влияние на включените независими фактори. Коефициентът на Дърбин-Уотсън вече е 2.118, което е сравнително близо до 2. На база стандартизираните бета коефициенти може да се каже, че най-голям е приносът на цената на румънския пазар „Ден напред“, следвана от немския пазар, цената на италианския пазар, следвана от тази на полския пазар, количеството „Ден напред“ търгувано на българския пазар, а най-малък – на часа.

Седемнадесето. Средната електроенергийна цена „Ден напред“ за 2023 г. за изследваните ценови променливи се движи в диапазона от 99.53 EUR/MWh до 127.04 EUR/MWh, което равнище е значително по-ниско спрямо предходната година. От дескриптивната статистика за ценовите променливи се вижда, че най-ниска е средната електроенергийна цена „Ден напред“ на немския пазар (99.53 EUR/MWh), а най-висока на италианския (127.04 EUR/MWh). На българския пазар средната енергийна цена „Ден напред“ е 106.14 EUR/MWh, което е почти на равнището на цената за 2021 г. от 108.69 EUR/MWh. За търгуваните обеми на българския пазар средното количество е 3139.94 MWh, което е много близо до средното равнище през 2022 г. Стойностите на коефициентите на асиметрия за всички променливи

са в диапазона от -1 до +1 и следователно разпределението е по-скоро нормално. Положителни са коефициентите за Словакия, Унгария, Румъния, Гърция, Италия, България и за търгуваното количество. Отрицателна стойност коефициентът има за Чехия, Словения, Полша, Германия, Австрия и Хърватия. Коефициентите за асиметрия за променливите Ден и Час са нулеви.

Осемнадесето. Корелационните коефициенти за 2023 год. показват много голяма положителна корелация (*в диапазона  $0.70 < r \leq 1.00$* ) при ниво на значимост 0,01 между: P\_CZ и P\_SK (0.955); P\_CZ и P\_HU (0.8958); P\_CZ и P\_RO (0.757); P\_CZ и P\_SL (0.942); P\_CZ и P\_PL (0.771); P\_CZ и P\_DE (0.828); P\_CZ и P\_AT (0.899); P\_CZ и P\_HR (0.869) P\_CZ и P\_BG (0.759); P\_SK и P\_HU (0.959); P\_SK и P\_RO (0.819); P\_SK и P\_SL (0.967); P\_SK и P\_PL (0.759); P\_SK и P\_DE (0.770); P\_SK и P\_AT (0.899); P\_SK и P\_HR (0.908); P\_SK и P\_BG (0.821); P\_HU и P\_RO (0.840); P\_HU и P\_SL (0.963); P\_HU и P\_PL (0.740); P\_HU и P\_DE (0.733); P\_HU и P\_AT (0.862); P\_HU и P\_HR (0.901); P\_HU и P\_BG (0.840); P\_RO и P\_SL (0.806); P\_RO и P\_GR (0.705); P\_RO и P\_AT (0.802); P\_RO и P\_HR (0.905); P\_RO и P\_BG (0.996); P\_SL и P\_PL (0.761); P\_SL и P\_DE (0.797); P\_SL и P\_AT (0.911); P\_SL и P\_HR (0.892); P\_SL и P\_BG (0.807); P\_GR и P\_BG (0.711); P\_PL и P\_DE (0.753); P\_PL и P\_AT (0.766); P\_PL и P\_HR (0.758); P\_DE и P\_AT (0.885); P\_DE и P\_HR (0.808); P\_AT и P\_HR (0.934); P\_AT и P\_BG (0.803); P\_HR и P\_BG (0.903).

Деветнадесето. Многомерният корелационен коефициент R за 2023 год., който показва силата на зависимостта между комбинацията от независими променливи и цената на българския пазар „Ден напред“ е 0.996, а коефициентът на детерминация  $R^2 = 0.992$ . Коригираният коефициент на детерминация (Adjusted  $R^2$ ) също е равен на 0.992. F-отношението е равно на 200875.278, при статистическа значимост 0.000, което е по-малко от 0.05. Това означава, че резултатът е статистически значим и регресионният модел

съответства на данните, както и че е налице линейна зависимост между независимите и зависимата променлива. Коефициентът на Дърбин-Уотсън от регресионния модел е 0.715, която стойност е значително по-ниска от 2 и следователно индикира наличието на позитивна автокорелация. Поради това линейният модел се трансформира в авторегресионен модел от първи порядък посредством процедурата на Кокран – Оркът. Трансформацията се прави с помощта AREG Algorithms в IBM SPSS Statistics.

Двадесето. Въз основа на стойността на авторегресионния коефициент, който е равен на 0.648, се получават новите параметри на модела за 2023 год. От тях се вижда, че многомерният корелационен коефициент R, показващ силата на зависимостта между комбинацията от избраните предиктори и цената на българския пазар „Ден напред“ е 0.991. Коефициентът на детерминация  $R^2$  е равен на 0.982. Коригираният коефициент на детерминация (Adjusted  $R^2$ ) също е 0.982, което означава, че само 98,2% от промените в енергийната цена „Ден напред“ на българския пазар се определя от съвкупното влияние на включените независими фактори. Коефициентът на Дърбин-Уотсън вече е 1.998 и следователно можем да кажем, че липсва автокорелация. На база стандартизираните бета коефициенти може да се каже, че през 2023 год. най-голям е приносът на цената на румънския пазар „Ден напред“ за прогнозиране на цената в същия сегмент на IBEX.

### ***Глава трета. Финансов анализ и оценка на проектна компания за инвестиция в изграждане на фотоволтаична централа***

**Изследователската хипотеза**, която ще бъде тествана в настоящата глава трета се формулира, както следва: Нарасналото търсене на инвестиции във възобновяеми енергийни източници в условията на свободен пазар на електроенергия е основа за рентабилни бизнес модели на проектни фотоволтаични компании, използващи техниките за финансов лийвърдж,

съчетано с най-добри технологични показатели за производителност на соларни панели.

За решаване се поставя **задачата** за обосновка на инвестиционно намерение за изграждане на мрежа от фотоволтаични централи в България, съчетаваща най-добри технологични показатели за производителност на соларни панели с варианти за кредитно финансиране на проектна компания.

С оглед на така формулираната хипотеза глава трета е структурирана в следните обособени части. В параграф 1 фокусът е върху перспективите за изграждане на децентрализирана мрежа от фотоволтаични централи по примера на „Смарт Енерджи Груп“. В параграф 2 са представени инженерно-технологичните предизвикателства пред изграждането и въвеждането в експлоатация на фотоволтаични централи с мощност до 1 MW. В параграф 2 е представен бизнес план за изграждането и въвеждането в експлоатация на фотоволтаична централа с мощност над 1 MW чрез проектна компания.

В рамките изложението в глава трета са изведени и обобщени следните по-важни резултати, изводи и констатации:

Първо. Капацитетът на националния енергиен пръстен за свързване с нови инсталации от ВЕИ е обективният лимитиращ фактор за реализация на проекти за нови ВЯЕЦ и ФТЕЦ, независимо от благоприятното географско положение на страната, осигуряващо високи за ЕС показатели за слънцегреене. За поддържане на енергийния пръстен високо напрежение на страната и междусистемните връзки със съседните на България страни са в оперативно използване 3032 км електропроводи тип 400 kV, 2710 км електропроводи тип 220 kV и 10066 км. електропроводи тип 110 kV (или обща дължина на високоволтовите електропроводи от 15808 км).

Второ. Във връзка с безопасната работа при експлоатацията на съоръженията и инсталациите на ФТЕЦ се прилага специфична регулаторна рамка. Тя включва съобразяване на проекта за соларен парк с пет закона, пет

правилника и двадесет наредби. На база прилагане на нормативната уредба и съобразно технологичните срокове и логистично ноу-хау изграждането на нови ФТЕЦ се базира върху времеви график, основан на 14 етапа за соларни паркове с мощност 1MW. При стриктно спазване на така дефинираните етапи, при сега действащата в страната нормативна уредба, професионалните компании за изпълнение на проекти за изграждане на ФТЕЦ могат да реализират проекти с мощност до 1MW в период от средно 6 месеца.

Трето. С оглед географското разположение на България оптималният наклон за разполагане на соларни панели е 34%. Панелите са със стандартизирана площ от 2.187m<sup>2</sup>. Количествената сметка за реализация на проект за ФТЕЦ с мощност 1 MW съдържа 34 самостоятелни показателя.

Четвърто. За целите на инвестиции във ФТЕЦ с мощност над 1 MW се препоръчва използване на подхода на проектната компания. Подобен проект преследва две базисни цели: (1) изграждане на ФТЕЦ с оптимална инсталирана мощност и производствени параметри; (2) постигане на прогнозно ниво на продажби и печалби.

Пето. От инженерна гледна точка се обследват показатели за азимутно разположение на соларния парк, географска ориентация на панелите на соларния парк, перспектива на PV-полето и заобикалящата сцена на засенчване, сезонно екстраполирана диаграма на засенчване и загуба на капацитет от сезонната промяна на разположението на слънцето. Следва да се установят месечни прогнози за загуби от сезонната промяна на разположението на слънцето спрямо локацията на панелите на ФТЕЦ, както и месечните коефициенти на полезно представяне панелите на ФТЕЦ.

Шесто. Инвестицията във ФТЕЦ с мощност над 1 MW чрез проектна компания налага остойносттаване на шест базисни параметъра: 1) Придобиване на поземлен имот и проектите; 2) Изработване на проект и изграждане за ФТЕЦ; 3) Калкулиране на разноси, данъци (John & Williams,

1985) и такси по нотариалното прехвърляне на собствеността на недвижимите имоти в съответен за конкретната община индикативен размер; 4) Производство и доставка на трафопост със съответстваща мощност; 5) Изграждане на външна връзка и монтаж на трафопост; 6) Строителен надзор.

Седмо. Финансовият план на проектната компания (DePamphilis, 2009) за ФТЕЦ включва разчети за погасяване на привлечените средства в зависимост от структурата на постъпленията и цената на капитала, инженерни показатели за ефективност на слънчевите панели по месеци, както и планирани загуби до точката на присъединяване в мрежата. Обследват се прогнози за осем базисни показателя определящи ефективността на панелите на соларния парк, както и мащабите на загубите на електроенергия по трасето от слънчевите панели до точката на присъединяване.

Осмо. Времевият хоризонт на апробирания бизнес план обхваща период от 2024 до 2035 година. Разработените прогнозни „входящи“ и „изходящи“ парични потоци показват възможностите за генериране на печалби и акумулиране на нетен паричен поток след покриване на необходимо присъщите разходи и разходите по изплащане на банковия кредит, като се постигат следните приходи от продажба по години: 2024 година – 161 354 лева без ДДС, 2025 година – 314 697 лева, 2026 година – 313 043 лева, 2027 година – 311 388 лева, за целия период юли 2024 – декември 2035 г. приходите от продажби се равняват на 3 402 859 лв. Те са изведени на база три вероятностни сценария за производство и инжектиране на слънчева електроенергия в електропреносната мрежа. Първият сценарий е с вероятност от 50% и дава прогноза за продажби от 1824.6 MWh , вторият сценарий е с вероятност 75% и дава прогноза за продажби от 1802.4 MWh. Третият сценарий е с най-консервативна прогноза за продажби от 1770.5 MWh при вероятност от 95%.



Девето. След отчитане на прогнозираните приходи и разходи, както и разходите за погасяване на главницата по кредит в размер на 80% от инвестицията, нетният паричен поток (без отчитане на разходи за амортизация и за данъци) възлиза за 2024 година на 28 753 лева при прогнозна цена от 180 лв./MW, 2025 година – 59 979 лева, 2026 година – 65 153 лева, 2027 година – 70 000 лева, за целия период юли 2024 – декември 2035 г. акумулираният паричен поток се равнява на 1 000 258 лв. Допълнително се изследва ефектът на позитивно и негативно отклонение от прогнозната цена. В моделирания нетен паричен поток, ефектът на моделите за прогнозиране на цената в борсов сегмент „Ден на напред“ (в периода 2019 – 2023 год.) дава основание за прилагане на пет ценови равнища, със стъпка от 20 лв./MW (от 160 лв. до 240 лв.) при годишен сценарий за продажби от 1802 MW в точката на присъединяване.

Десето. Инвестициите във ФТЕЦ понасят две групи рискове – систематични и несистематични. При всички обстоятелства следва отново да се обърне внимание на динамиката в ценовите равнища на електроенергийните пазари. Договорите за изкупуване на електроенергията на преференциални фиксирани цени са вече минало. Всички нови инвестиции във ФТЕЦ се подчиняват на пазарните правила, на баланса между търсенето и предлагането. Ето защо въпросът за дългосрочните ценови равнища на електроенергия остава дискуссионен. Налице е отчетлива тенденция, самите потребители и основни икономически агенти – правителство, фирми и домакинства – да изграждат собствени капацитети за добив на електроенергия от слънцето. Дали и доколко това ще доведе до трайно намаляване обемите на пазарно търсене на електроенергия е въпрос на нови анализи. На тази основа в по-висока степен на вероятност може да се определи поддържането на дългосрочно устойчиви и поносими за потребителите ценови равнища на електроенергия в условията на „Европейската зелена сделка“.

## *Заклучение*

Фокусирането на темата на разработката върху инвестициите във фотоволтаични централи позволи да се развие проучване, последователно базирано върху:

Първо. Критичен преглед на развитието на сектор „Енергетика“ с провеждане на сравнителни анализи на национално и международно ниво.

Второ. Провеждане на изчерпателен иконометричен анализ на пазарните тенденции в сегмент „Ден напред“ в дванадесет страни от Централна и Югоизточна Европа за периода 2019–2023 год. с оглед установяване степента на корелация на националните пазари и преодоляване на ценовите шокове от 2021 год. В обхвата на анализа са борсовите сегменти „Ден напред“ в Чехия, Словакия, Унгария, Румъния, Словения, Гърция, Полша, Германия, Австрия, Италия, Хърватска и България.

Трето. Обосновка и финансово-икономическо аргументиране на инвестиции във фотоволтаични електроцентрали с мощност до и над 1 MW (сумарна мощност на соларните панели), вкл. чрез проектна компания.

Представеното изложение потвърждава в методически и дедуктивен план валидността на изследователската теза, а именно: „Зелената сделка“ в ЕС формира нарастващо търсене на ниско въглеродни производства на електроенергия, което създава позитивна перспектива за инвестиции във фотоволтаични централи, основани на финансови модели за възвръщаемост при съобразяване с екологичните регулации в страната и ЕС. Установената тенденция в поетапно увеличение на кумулативната мощност на фотоволтаичните централи в България при база 2020 год. 1.1 GW е 345% към 2025 год. (или 3.8 GW) и 564% (или 5.5 GW) през 2030 год. Следователно в периода 2020-2030 год. ще се осъществят най-мощните секторни инвестиции в енергетиката с водеща роля на соларните електроцентрали.

Иконометричното изследването за периода 2019–2023 год. с 14 предиктори потвърждава ясна тенденция на интегриране на енергийните пазари, където влиянието върху цената на електроенергията в сегмент „Ден напред“ за България през 2023 год. се ограничава до еквивалентните пазарни сегменти в Румъния, Гърция и Чехия, допълнени с количествата търгувана електроенергия в MWh.

Направените анализ, изводи и обобщения позволяват да се твърди, че е постигнато и потвърждаване на водещите работни хипотези, довело до формулиране на релевантни научно-приложни резултати:

**Първо.** Ускореният темп на инвестиции и нарастващия дял в енергийния микс на възобновяемите енергийни източници в България и ЕС са логично следствие от новите екологични регулации, разписани цели и графици в „Европейската зелена сделка“ и поетапното заместване на добива на електроенергия от замърсяващи към нисковъглеродни производства.

**Второ.** Иконометричният анализ на сегмент „Ден напред“ на независимата енергийна борса в дванадесет икономики от Централна и Югоизточна Европа е основа за извеждане на модели за прогнозиране на цената (в Евро/MWh) на електроенергията. Тези прогнози са база за определяне на най-важния показател в бизнес плановете за инвестиции във фотоволтаични централи. Генералният извод след изследването на дванадесет национални електроенергийни пазара в сегмент „Ден напред“ е за тенденция към повишаване (от 2019 до 2023 год.) на корелацията на ценовите равнища в сектора за страни, които имат висока свързаност на електропреносните системи.

**Трето.** Рентабилните бизнес модели на проектни фотоволтаични компании използват техниките за финансов лийвъридж, съчетано с най-добри технологични показатели за производителност на соларни панели. Самите инвестиции понасят и съответни рискове, чието хеджиране е въпрос на управленска преценка и професионален анализ.

Независимо от представените идеи и виждания темата за инвестициите във фотоволтаични централи може да се определи за перманентно актуална с оглед заявените темпове на инсталиране на заместващи въглищните централи мощности от ВЕИ. Наред с ренесанса на ядрената енергетика „Европейската зелена сделка“ определено ще преобрази структурата на производствените мощности на електроенергия в ЕС и ще позволи постигане на високата екологична цел – намаление на нетните парникови емисии с 55% към края на 2030 год. в сравнение с нивата от 1990 год. Изменението на климата и влошеното състояние на околната среда заплашват бъдещето на европейския континент и света като цяло и чрез „Зелената сделка“ се дава политически, инженерен и финансов отговор за приспособяване на икономиката към новите екологични стандарти.

### **III. Насоки за бъдещи изследвания по темата на дисертацията**

С посочените основни изследователски насоки, влизащи в обхвата на дисертационния труд, проблематиката по въпроса за инвестициите във ФТЕЦ не се изчерпва. Темата продължава да бъде актуална и може да се посочат следните насоки за бъдеща изследователска работа по въпроса:

1. Изследване на конверсията на въглищните централи в условия на европейската „Зелена сделка“.
2. Определяне на оптимален капацитет от помпено-акумулиращите водноелектрически централи (ПАВЕЦ), които могат да функционират като батерия, с балансиращ за цялата система капацитет.
3. Включване на всички страни от ЕС в изследването на сегмента „Ден напред“ за установяване на тенденции и резултати от Европейския целеви модел за борсово ценообразуване на електроенергията.

#### **IV. Справка за научните и научно-приложни приноси в дисертационния труд**

**Първо.** Обоснована е актуалността на проблематиката, свързана с Европейската „Зелена сделка“ като екологичен регулаторен стандарт в енергетиката и мощен фактор в подкрепа на инвестициите във фотоволтаични електроцентрали. Чрез оценка на целеви показатели в национални стратегически документи са потвърдени прогнози и обосноваван ускорен темп и нарастващ дял в енергийния микс на възобновяемите енергийни източници в страната с първенство на енергията от фотоволтаичните централи.

**Второ.** Чрез иконометричният анализ на сегмент „Ден напред“ на независимата енергийна борса в дванадесет икономики от Централна и Югоизточна Европа са изведени годишни модели за регресионно прогнозиране на цената (в Евро/MWh) на електроенергията като основен показател в бизнес плановете за инвестиции във фотоволтаични централи

**Трето.** Идентифицирани са тенденции за повишаване на корелацията на ценовите равнища в сегмент „Ден напред“ на енергийните борси за страни с висока свързаност на електропреносните системи. За България към 2023 год. чрез стъпаловидно многофакторно регресионно моделиране е изведено уравнение на зависимостта на цената на електроенергията от цената в Румъния (водещ фактор) и цените в Гърция и Чехия.

**Четвърто.** Нарасналото търсене на инвестиции във възобновяеми енергийни източници в условията на свободен пазар на електроенергия е основа за рентабилни бизнес модели на проектни фотоволтаични компании, използващи техниките за финансов лийвъридж, съчетано с най-добри технологични показатели за производителност на соларните панели.

## V. Списък с публикациите на докторанта

### I. Статии (2 бр.)

- 1) **Георгиев, Тодор.** (2022). Фотоволтаичните централи в енергийния баланс на България – състояние и перспективи. Годишен алманах „Научни изследвания на докторанти“, 2022 г. Брой XV, книга 18 – Студии и статии, с. 492-501, ISSN: 1313-6542.

DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28810.59841>

URL: <https://almanahnid.uni-svishtov.bg/title.asp?title=2959>

- 2) **Zahariev, A., Georgiev, T.** (2023). The day-ahead energy market: correlation analysis and trends for selected CEE countries, Economic and Social Development. Book of Proceedings, (100), pp. 178-192, ISSN: 1849-7535.

URL: <https://nsarhiv.uni-svishtov.bg/title.asp?title=2803>

### II. Научни доклади (3 бр.)

- 1) **Георгиев, Тодор** (2023). Логистични предизвикателства при изграждането на фотоволтаични централи в България, Научна конференция „Логистиката и обществените системи“, 16-17 март 2023 година, НВУ "Васил Левски", В. Търново, с. 713-722, ISSN 2738-8042.

URL: <https://www.researchgate.net/publication/371082049>

- 2) **Захариев, А., Георгиев, Т.** (2023) Иконометричен анализ на борсовите цени на електроенергията в сегмент „Ден напред“ в Чехия, Словения, Словакия и Унгария за 2023 година, Сборник с доклади от Кръгла маса на тема „Глобална икономика и бизнес“, посветена на 30-годишнината от основаването на катедра „Международни

икономически отношения“, Свищов, 29 септември 2023 г., стр. 131-141, ISBN 978-954-23-2421-8.

URL: <https://www.researchgate.net/publication/375330040>

- 3) **Георгиев, Тодор** (2023). Българското електропроизводство и ценовата динамика в сегмент „Ден напред“ през 2022 година, Сборник с доклади от юбилейна международна научнопрактическа конференция „Предизвикателства пред финансите и стопанската отчетност в условията на множествени кризи“, Свищов, 9-10 ноември 2023 г., стр. 147-152, ISBN 978-954-23-2426-3.

URL: <https://www.researchgate.net/publication/378475416>

DOI: <https://doi.org/10.58861/tae.cf.cfeacmc.2023.21>



## **VI. Справка за участие на докторанта в научни форуми**

- 1) XV-та Докторантска научна сесия, 02.12.2022 г., СА „Д. А. Ценов“, Свищов.
- 2) Научна конференция „Логистиката и обществените системи“, 16-17 март 2023 година, НВУ "Васил Левски", В. Търново.
- 3) Кръгла маса на тема „Глобална икономика и бизнес“, посветена на 30-годишнината от основаването на катедра „Международни икономически отношения“ 29 септември 2023 г.
- 4) 100<sup>th</sup> International Scientific Conference on Economic and Social Development – "Economics, Management, Entrepreneurship and Innovations" (4-6 October 2023, Svishtov).
- 5) Юбилейна международна научнопрактическа конференция „Предизвикателства пред финансите и стопанската отчетност в условията на множествени кризи“, Свищов, 9-10 ноември 2023 г.

## **VII. Справка за съответствие с националните изисквания по Правилника за приложение на Закона за развитие на академичния състав в Република България**

**Статии: 2 бр. (1 бр. самостоятелна и 1 бр. в съавторство)**

**Научни доклади: 2 бр. самостоятелни и 1 бр. в съавторство**

**Минимален брой точки: 30**

Постигнат брой точки по Показател 7 (Статии и доклади, публикувани в нереферирани списания с научно рецензиране или публикувани в редактирани колективни томове), съгл. Приложение към чл. 1а, ал. 1 от на Правилника за прилагане на Закона за развитие на научния състав в Република България с Минимални национални изисквания към научната, преподавателската и/или художественотворческата или спортната дейност на кандидатите за придобиване на научна степен и за заемане на академичните длъжности "главен асистент", "доцент" и "професор" по научни области и/или професионални направления в Област 3. Социални, стопански и правни науки, Професионално направление 3.1. Социология, антропология и науки за културата, 3.2. Психология, 3.3. Политически науки, 3.4. Социални дейности, 3.5. Обществени комуникации и информационни науки, 3.6. Право, 3.7. Администрация и управление, 3.8. Икономика, 3.9. Туризм

**(3 + 2x50%) бр. статии и научни доклади x 10 т. = 40 т. > 30 т.**

### VIII. Наукометрични показатели на дисертационния труд

№	Показател	Стойност
1	Брой таблици	122
2	Брой фигури	55
3	Общ брой стандартни страници	239
4	Използван софтуер	MS Excel, IBM SPSS Statistics
5	Литературни източници	151
5.1.	В т.ч. на чужд език	115
5.2.	В т.ч. на български език	36
6	Брой публикации на докторанта	5
7	Брой точки по Правилника за прилагане на закона за развитие на академичния състав в Република България	40,00
8	Брой участия в научни форуми	5
9	Номер на заповед за зачисляване	Заповед № 142 от 15.03.2021 год.
10	Дата на записване в докторантура	01.03.2021 год.
11	Срок на докторантурата	3 год.
13	Годишни атестационни оценки	Положителни
14	Дата на решение на КС за даване на ход за защита	15.04.2024
15	Дата на решение на ФС за разкриване на процедурата по защита	15.04.2024
16	Час, дата и място на публична защита	12.00 часа, 13.06.2024 (четвъртък), зала Ректорат на СА „Д. А. Ценов“ – Свищов
17	URL адрес за онлайн достъп до публичната защита, ВВВ стая „СА-КФК-Научни журита“	<a href="https://bbb.uni-svistov.bg/b/yc7-x2c-dtm">https://bbb.uni-svistov.bg/b/yc7-x2c-dtm</a>

## **IX. Декларация за оригиналност на дисертационния труд**

Дисертационният труд в обем от 239 стр. под заглавие: **„ИНВЕСТИЦИИ ВЪВ ФОТОВОЛТАИЧНИ ЦЕНТРАЛИ – ФИНАНСОВИ И ЕКОЛОГИЧНИ АСПЕКТИ“** е автентичен и представлява собствена научна продукция и изследване на автора. В него са използвани авторски идеи, текстове и визуализация чрез графики, схеми, таблици и формули, като са спазени всички изисквания на Закона за авторското право и сродните му права (ДВ. бр.56 от 29 Юни 1993г. и посл. изм.) чрез надлежно цитиране и позоваване на чужда авторска мисъл, както и данни, включително:

1. Постигнатите в дисертационния труд резултати и изведени приноси са оригинални и не са заимствани от изследвания и публикации, в които авторът няма участия.
2. Представената от автора информация във вид на копия на документи и публикации, лично съставени справки и др. съответства на обективната истина.
3. Научните резултати, които са получени, описани и/или публикувани от други автори, са надлежно и подробно цитирани в библиографията.

.....

Докторант Тодор Георгиев