

ИЗСЛЕДВАНЕ НА УЯЗВИМОСТИТЕ КЪМ И ПОСЛЕДИЦИТЕ ОТ КЛИМАТИЧНИТЕ ПРОМЕНИ В БЪЛГАРИЯ:

СЪВМЕСТНА НАЦИОНАЛНА
ОЦЕНКА

СОФИЯ, 2026



NET-ZERO LAB
@Sofia University



РЕЗЮМЕ

Климатичните промени вече оказват влияние върху България чрез по-чести горещи вълни, продължителни суши, наводнения и влошаване на състоянието на екосистемите. България е на **50-то място от общо 64** по ефективност на действията срещу климатичните промени според индекса Climate Change Performance Index (CCPI) за 2025 г.¹ Страната се представя слабо по отношение на емисиите на парникови газове, много слабо в климатичната политика и енергопотреблението и средно при използването на възобновяема енергия. Последниците от климатичните промени вече са очевидни на регионално равнище – сред тях са намалените добиви на селскостопанските производители в региони като Добруджа, зачестяването на екстремни метеорологични явления като суши, проливни дъждове и наводнения и въздействието върху общественото здраве и смъртността.

Въпреки нарастващите доказателства, наличните оценки остават фрагментирани и остарели, като често са ограничени в рамките на дисциплинарни или институционални граници. Досега усилията на българските учени, работещи в различни изследователски организации, се развиват предимно самостоятелно, което ограничава възможностите за обединяване на натрупаните знания и за по-силното им отражение върху политиките. Липсва всеобхватна, научно обоснована национална синтеза на физическите климатични тенденции, секторните въздействия и регионалните уязвимости.

Настоящият доклад представя резултатите от съвместна национална оценка на уязвимостите към и последиците от климатичните промени в България, реализирана в рамките на интердисциплинарен изследователски екип, обединяващ автори от водещи научни институции в страната: Национален институт по метеорология и хидрология (НИМХ), Институт по биоразнообразие и екосистемни изследвания към Българската академия на науките (БАН), Софийски университет „Св. Климент Охридски“ (Стопански факултет и Геолого-географски факултет), Аграрен Университет- Пловдив, Национален център по общественото здраве и анализи, Технически университет – София. Интеграцията на научните приноси от тези институции предоставя, за първи път в подобна методологична цялостност, комплексна оценка на климатичните въздействия върху природните системи, стопанската дейност и общественото



50-то

място от общо 64
по CCPI (2025)



По-чести
горещи вълни



Продължителни
суши



Наводнения и
екстремни
явления



Въздействие
върху селското
стопанство



Рискове за
общественото
здраве

*Климатичните
промени вече
надхвърлят границите
на естествената
климатична
изменчивост и водят
до структурни промени
в климатичния режим.*

здраве в България – три взаимнообвързани аналитични домейна, чието съвместно разглеждане е ключово за разработването на ефективни политики за адаптация. Авторите участват в личното си изследователско качество и носят отговорност за съдържанието на съответните глави.

Основните изводи на доклада очертават системна трансформация на климатичните условия в страната, която вече превишава границите на естествената климатична изменчивост и следователно приема характера на структурен преход към нов климатичен режим. Нарастващата честота на горещите вълни и свързаната с тях смъртност, повишаваща се интензивност на екстремните валежни събития и внезапните наводнения, деградацията на горските екосистеми и загубата на биоразнообразие, задълбочаващата се аграрна уязвимост в Добруджа и усилващият се ефект на градския топлинен остров в урбанизираните територии са взаимосвързани и взаимно усилващи се процеси с каскаден характер.² Тяхната системна природа изисква интегриран подход към адаптацията, съобразен с регионалните специфики на климатичната уязвимост.

Настоящият доклад е разработен с финансовата подкрепа на Европейската климатична фондация (European Climate Foundation, ECF). Проектът е инициатива на Net-Zero Lab към Стопанския факултет на Софийския университет „Св. Климент Охридски“, която действа като координатор на изследователската мрежа и носи отговорност за цялостната структура на публикацията, управлението на процеса на рецензиране, представянето на резултатите на достъпен език и в подходящ графичен формат.

АВТОРСКИ ЕКИП

проф. д-р Нина Николова

Геолого-географски факултет, Софийски университет „Св. Климент Охридски“

проф. д-р Павел Зехтинджиев

Институт по биоразнообразие и екосистемни изследвания, Българска академия на науките (БАН)

проф. д-р инж. Росица Величкова

Енергомашиностроителен факултет, Технически университет – София

проф. д-р Стелиян Димитров

Геолого-географски факултет, Софийски университет „Св. Климент Охридски“

доц. д-р Веска Георгиева

Национален институт по метеорология и хидрология (НИМХ)

доц. д-р Лилия Бочева

Национален институт по метеорология и хидрология (НИМХ)

доц. д-р Марина Стефанова

Стопански факултет, Софийски университет „Свети Климент Охридски“

доц. д-р Мария Трифонова

Научно-изследователско звено Net-Zero Lab, Стопански факултет, Софийски университет „Свети Климент Охридски“

гл. ас. д-р Зорница Спасова

Национален център по общественото здраве и анализи

гл. ас. д-р Румяна Георгиева

катедра „Растениевъдство“, Аграрен университет Пловдив

докторант Любимка Георгиева

Научно-изследователско звено Net-Zero Lab, Стопански факултет, Софийски университет „Свети Климент Охридски“

докторант Николай Йорданов

Институт по биоразнообразие и екосистемни изследвания, БАН

Ремина Алексиева

Научно-изследователско звено Net-Zero Lab, Стопански факултет, Софийски университет „Свети Климент Охридски“

РЕДАКТОР:

Ремина Алексиева

Научно-изследователско звено Net-Zero Lab, Стопански факултет,
Софийски университет „Св. Климент Охридски“

доц. д-р Мария Трифонова

Научно-изследователско звено Net-Zero Lab, Стопански факултет,
Софийски университет „Св. Климент Охридски“



Издание на Софийски университет
„Св. Климент Охридски“

Стопански факултет

София, септември 2026 г.

ISBN

СЪДЪРЖАНИЕ

	РЕЗЮМЕ	2
	СЪДЪРЖАНИЕ	6
	ИЗПОЛЗВАНИ СЪКРАЩЕНИЯ	8
	СПИСЪК С ФИГУРИ	12
	СПИСЪК С ТАБЛИЦИ	14
1.	ВЪВЕДЕНИЕ	15
2.	КАРТИРАНЕ НА НАУКАТА ЗА КЛИМАТИЧНИТЕ ПРОМЕНИ В БЪЛГАРИЯ	18
3.	ФИЗИЧЕСКИ КЛИМАТИЧНИ ТЕНДЕНЦИИ И ЕКСТРЕМНИ ЯВЛЕНИЯ	26
3.1.	ТЕМПЕРАТУРА НА ВЪЗДУХА И ЕКСТРЕМНИ ТЕМПЕРАТУРНИ ЯВЛЕНИЯ В БЪЛГАРИЯ: ТЕНДЕНЦИИ И БЪДЕЩИ ИЗМЕНЕНИЯ	28
3.2.	СТАТИСТИЧЕСКИ АНАЛИЗ НА ПРОМЕНЛИВОСТТА НА ВАЛЕЖИТЕ И ИНДЕКСИТЕ НА ЗАСУШАВАНЕ	32
3.3.	ЗАПЛАХА И РИСК ОТ НАВОДНЕНИЯ В БЪЛГАРИЯ В УСЛОВИЯТА НА ПРОМЕНЯЩ СЕ КЛИМАТ	45
3.3.1.	КЛИМАТИЧНИ ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВА И РИСКОВЕ ПРЕД УРБАНИЗИРАНИТЕ ТЕРИТОРИИ В БЪЛГАРИЯ	51
3.4.	КЛИМАТИЧНИ ВАРИАЦИИ НА ОПАСНИ БУРИ НАД БЪЛГАРИЯ	57
3.5.	АНАЛИЗ НА РИСКА ОТ ГОРСКИ ПОЖАРИ И ТЯХНОТО ВЪЗДЕЙСТВИЕ ВЪРХУ ОКОЛНАТА СРЕДА	70
4.	ВЪЗДЕЙСТВИЕ ВЪРХУ СЕЛСКОТО СТОПАНСТВО И ПРОИЗВОДСТВОТО НА ХРАНИ	78
5.	ВЪЗДЕЙСТВИЕ ВЪРХУ БИОРАЗНООБРАЗИЕТО И ЕКОСИСТЕМИТЕ	83

6.	РЕГИОНАЛЕН ФОКУС: СТАТИСТИЧЕСКИ АНАЛИЗ НА КЛИМАТИЧНАТА И АГРАРНАТА УЯЗВИМОСТ НА ДОБРУЖА ВЪЗ ОСНОВА НА СЪЩЕСТВУВАЩИ НАБОРИ ОТ ДАННИ	90
7.	ВЪЗДЕЙСТВИЕ ВЪРХУ ЧОВЕШКОТО ЗДРАВЕ	97
8.	ИКОНОМИЧЕСКО ИЗМЕРЕНИЕ НА ПОСЛЕДИЦИТЕ ОТ КЛИМАТИЧНИТЕ ПРОМЕНИ В БЪЛГАРИЯ	104
9.	КРИТИЧНА ОЦЕНКА НА ПОЛИТИКИТЕ ЗА ОГРАНИЧАВАНЕ И АДАПТАЦИЯ КЪМ КЛИМАТИЧНИТЕ ПРОМЕНИ В БЪЛГАРИЯ	111

ИЗПОЛЗВАНИ СЪКРАЩЕНИЯ

СЪКРАЩЕНИЕ	ПЪЛНО НАИМЕНОВАНИЕ
АЧС	Африканска чума по свинете
ALADIN-Climate	Регионален климатичен модел ALADIN-Climate
ATDnet	Automatic Aerosol Detection Network
Албедо	Отношението между количеството слънчева радиация, отразено от дадена повърхност, и количеството слънчева радиация, което достига до нея.
БАН	Българска академия на науките
БДЗП	Българско дружество за защита на птиците
БВП	Брутен вътрешен продукт
ГИС	Географска информационна система
ЕЕА / ЕАОС	Европейска агенция по околна среда (European Environment Agency)
EFFIS	Европейска информационна система за горски пожари (European Forest Fire Information System)
ЕК	Европейска комисия
ЕС	Европейски съюз
ERA5-Land	Климатичен реанализ на Европейския център за средносрочни метеорологични прогнози (ECMWF Reanalysis v5 – Land)
ИАБГ	Изпълнителна агенция „Борба с градушките“

СЪКРАЩЕНИЕ	ПЪЛНО НАИМЕНОВАНИЕ
ИАОС	Изпълнителна агенция по околна среда
ИБЕИ-БАН	Институт по биоразнообразие и екосистемни изследвания – Българска академия на науките
ИБС / ИБС	Исхемична болест на сърцето
IPCC / МКООК	Междуправителствен панел по климатичните промени (Intergovernmental Panel on Climate Change)
Конвективни бури	Силни бури с гръмотевици, проливни дъждове, градушка и силен вятър, свързани с издигането на топъл и влажен въздух.
LCZ	Локални климатични зони (Local Climate Zones)
МЗХ	Министерство на земеделието и храните
МОСВ	Министерство на околната среда и водите
Meteoalarm	Европейска платформа за предупреждения за опасни метеорологични явления
МОР	Метод на отбора на точки (Method of Point counts)
НИМХ	Национален институт по метеорология и хидрология
НЦОЗА	Национален център по обществено здраве и анализи
NDSI	Нормализиран диференциален снежен индекс (Normalized Difference Snow Index)
NDVI	Нормализиран диференциален вегетационен индекс (Normalized Difference Vegetation Index)

СЪКРАЩЕНИЕ	ПЪЛНО НАИМЕНОВАНИЕ
NDWI	Нормализиран диференциален воден индекс (Normalized Difference Water Index)
ОМЯ	Опасно метеорологично явление
PDSI	Индекс на засушаване на Палмър (Palmer Drought Severity Index)
ПУРН	План за управление на риска от наводнения
RCP	Представителен сценарий за концентрация на парникови газове (Representative Concentration Pathway)
RCP 4.5	Сценарий за умерено намаляване на емисиите (стабилизация около 4.5 W/m ²)
RCP 8.5	Сценарий за висок ръст на емисиите без съществени ограничения (8.5 W/m ²)
RegCM4	Регионален климатичен модел, версия 4 (Regional Climate Model version 4)
РЗПРН	Район със значителен потенциален риск от наводнения
SMI	Индекс на почвената влажност (Soil Moisture Index)
SPEI	Стандартизиран индекс на валежи и изпарение (Standardized Precipitation Evapotranspiration Index)
SPI	Стандартизиран индекс на валежите (Standardized Precipitation Index)
SRI	Стандартизиран индекс на оттока (Standardized Runoff Index)
СМО / WMO	Световна метеорологична организация (World Meteorological Organization)

СЪКРАЩЕНИЕ	ПЪЛНО НАИМЕНОВАНИЕ
СЗО / WHO	Световна здравна организация (World Health Organization)
т.е.	Тоест
Тропически нощи	Нощи, при които минималната температура на въздуха не пада под 20 °C.
UHI	Градски топлинен остров (Urban Heat Island)
ФПЧ2.5 / PM2.5	Фини прахови частици с диаметър под 2.5 микрона
CO₂	Въглероден диоксид
Copernicus	Програма на Европейския съюз за наблюдение и мониторинг на Земята
H5N1	Грипен вирус от тип А, подтип H5N1 (птичи грип)

СПИСЪК С ФИГУРИ

Фигура 1: Информационно каре: траектории за концентрация на парникови газове	17
Фигура 2: Разпределение на научните публикации за изменението на климата в България спрямо вида на научния труд	19
Фигура 3: Структурна карта на институциите, занимаващи се с изследвания на теми, свързани с климатичните промени в България (2015-2025 г.)	20
Фигура 4: Брой научни публикации спрямо основните тематични области на изменението на климата в България (2015-2025 г.)	21
Фигура 5: Хронологично развитие на тематичните направления в научните публикации (2015-2025 г.)	22
Фигура 6: Най-често посочваните финансиращи организации и програми сред анализираните научни разработки	25
Фигура 7: Аномалии на годишните температури на въздуха в сравнение с 1991-2020 г. в избрани станции.....	29
Фигура 8: Средна температура на въздуха в България за периода 1950–2100 г. според модела CCLM4-8-18	31
Фигура 9: Регионализация на валежните режими, получени чрез прилагане на k-means клъстеризация върху резултатите от varimax-rotated PC.	34
Фигура 10: Пространствено разпределение на валежите (mm) за периодите 1961-1990 и 1991-2020 г. и относителната разлика между втория и първия период в %.	35
Фигура 11: Взаимовръзка между типове и продължителност на засушаването.....	37
Фигура 12: Площно разпределение на индексите на почвеното засушаване и стандартизирания индекс на валежите и евапотранспирацията.....	39
Фигура 13: Индикаторна система на НИМХ и допълване с нови индекси и индикатори.....	43
Фигура 14: Мониторинг на суша чрез три индекса – SPI, SMI и SRI по водосбори.....	44
Фигура 15: Промяна в месечните валежни суми в % по басейнови дирекции спрямо периода 1981-2010г.(ALADIN-Climate/CNRM)	48
Фигура 16: Пространствено разпределение на разликите в стойностите PI по сценариите RCP4.5 и RCP8.5 спрямо периода 1981-2010г.(ALADIN-Climate/CNRM)	49
Фигура 17: Средни температури	53
Фигура 18: Брой горещи дни (проекции).....	54
Фигура 19: Зависимости между типа на земното покритие и температурата на повърхността (LST) по локални климатични зони (LCZ) за жк. Люлин, София	55
Фигура 20: Месечен ход на честотата (в %) на денонощията с гръмотевични бури за периодите 1961–1990 и 1991–2010 г.....	60

Фигура 21: Отклонение на средния брой дни през периода 1991–2010 г. спрямо 1961–1990 г.	61
Фигура 22: Годишно разпределение на плътността на мълниите (брой мълнии на km ² годишно) според ATDnet за всяка година от периода 2012–2021 г. и осреднената годишна стойност за целия период	62
Фигура 23: Средногодишен брой дни с градушка за една станция в непланинските райони на всяка област в България, средно за периода 1961–2015 г.	63
Фигура 24: Средногодишен брой дни с градушка за цялата страна за периода 1991–2022 г. (356 станции), както и за по-дълъг период – 1961–2022 г. (28 представителни за административните области станции)	64
Фигура 25: Пространствено разпределение на средногодишен брой дни с екстремни валежи в България за периода 1931–2019 г.	66
Фигура 26: Годишен брой дни с валеж ≥ 100 mm/24 h, сравнен с броя на метеорологичните станции за периода 1951–2010 г.	66
Фигура 27: Средна годишна честота на регистрираните случаи на торнадо в България за периода 2001–2016 г.	68
Фигура 28: Причини за възникване на пожари и последствията от тях	71
Фигура 29: Природни причини за горските пожари	72
Фигура 30: Антропогенни причини за горските пожари	73
Фигура 31: Последствия от горски пожари	74
Фигура 32: Отделяни газове при горски пожари	75
Фигура 33: Брой на пожарите в България за периода 1980–2025 г.	76
Фигура 34: Количество отделен въглероден диоксид от иглолистни гори	76
Фигура 35: Количество отделен въглероден диоксид от широколистни гори	76
Фигура 36: Среден добив на основни зърнено-житни култури за тригодишния период	80
Фигура 37: Корелация на изчезване на видовете зимуващи гъски в резултат на затоплящите се и безснежни зими в България	85
Фигура 38: Изследванията на ИБЕИ – БАН в областта на маларията и птиците сочат, че над 300 опасни за животинските видове в България и човека могат да се появят в резултата на затоплянето на климата	86
Фигура 39: Климатични тенденции през пролетно-летния период в Добруджа (2000–2024). Двуосната диаграма илюстрира екстремната междугодишна вариабилност през критичния вегетационен период (април–август)	91
Фигура 40: Ефект на зимното „зареждане“ върху лятната почвена влажност (2001–2024). Диаграмата на разсейване и линейната регресия показват статистически значима положителна корелация между зимните валежи (декември–февруари) и задържането на влага в повърхностния	93

Фигура 41: Аграрна уязвимост в Добруджа (2010–2024). Регресионният модел показва силна положителна зависимост между кумулативните пролетно-летни валежи и добивите от царевица в област Добрич.	94
Фигура 42: Издадени от НИМХ кодове по системата Метеоаларм с предупреждения за високи температури за периода 2010-2019 г. и по месеци (Цалова и съавт. 2024)	98
Фигура 43: Смъртност, свързана с топлината при възрастни хора над 65 г. при сценарий с високи и ниски емисии в България.....	102
Фигура 44: Свързани с горещото време смъртни случаи в България – прогнози за периодите 2036 – 2064 г. и 2071 – 2099 г. при различни сценарии на емитиране на парникови газове.....	102
Фигура 45: Правна рамка на политиките за адаптация към климатичните промени	112
Фигура 46: Ключови слабости.....	117

СПИСЪК С ТАБЛИЦИ

Таблица 1: Идентификация на засушаването с метеороложки индекси SPI 3, SPI 6 и SPI 12	40
Таблица 2: Идентификация на засушаването с метеороложки индекси SPI 3, SPI 6 и SPI 12.....	40
Таблица 3: Индикаторна система за ранно предупреждение за настъпване и управление на сушата.....	42
Таблица 4: Обобщена информация за разпространенето на инвазивни организми в България	87

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Ремина Алексиева

*Изследовател, Стопански факултет, Софийски университет
„Св. Климент Охридски“*

Климатичната система на Земята е сложно взаимодействие между атмосферата, биосферата и хидросферата. Тя се променя под влияние на слънчевата радиация, концентрацията на парникови газове и геоложки процеси, но през последните два века водеща роля за промените ѝ придобива човешката дейност.

През 1988 г. Програмата на ООН по околната среда и Световната метеорологична организация учредяват Междуправителствения панел по изменение на климата (IPCC) – международна научна група, чиято задача е да предоставя на правителствата по света най-достоверната налична научна информация в основа на техните политики за климата. Днес панелът включва 664 водещи автора и експерти от 111 държави (данни за Седмия оценъчен доклад – AR7 на IPCC, 2025 г.³), които обобщават и оценяват вече публикувани научни разработки.

Според Шестия оценъчен доклад от 2021 – 2023 г.⁴, човешкото въздействие е водещият двигател на климатичните промени. Глобалното повишаване на средната приземна температура, регистрирано с висока степен на научна сигурност от Шестия оценъчен доклад, е съпроводено от нарастваща честота и интензивност на екстремните метеорологични явления, системна трансформация на хидрологичния цикъл и необратими промени в основни природни и социално-икономически системи. България, разположена в климатичен „горещ пункт“ в Югоизточна Европа, се характеризира с по-интензивно затопляне и по-висока честота на климатичните екстремуми спрямо средноглобалните

стойности, което обуславя нарастваща уязвимост на природните системи и икономическите сектори в страната.⁵

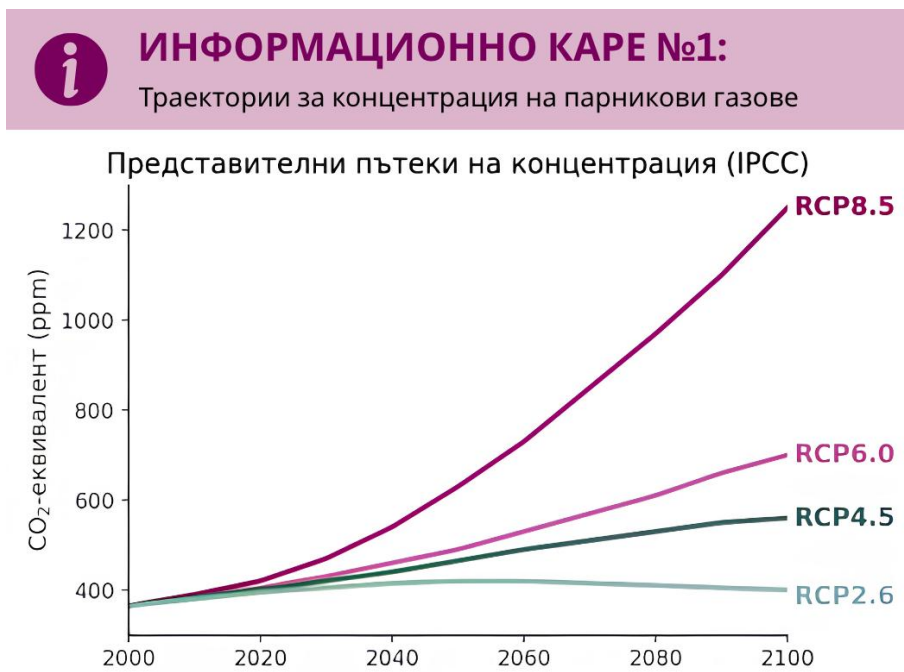
Анализът е структуриран около няколко основни тематични направления. Изходната точка е картирането на съществуващата научна литература за климатичните промени в България (глава 2), което разкрива нарастваща изследователска активност, но и съществени тематични пропуски, особено по отношение на енергийния сектор, здравните ефекти и социално-икономическите последици. Следва детайлен анализ на промените в хидрологичния режим на страната: засушаванията и аридизацията (глава 3.2), нарастващия риск от наводнения (глава 3.3), и все по-интензивните и често срещани опасни конвективни бури (глава 3.4). Обособена е и тематична глава, посветена на горските пожари и тяхното въглеродно въздействие (глава 3.5), на промените в биоразнообразието и екосистемите (глава 5), на регионалната уязвимост на Добруджа като ключов земеделски район (глава 6), на последиците за човешкото здраве (глава 7) и на специфичните климатични рискове пред урбанизираните територии. Две глави са посветени на икономическото измерение на последиците от климатичните промени и оценка на политиките за ограничаване и адаптация към климатичните промени.

Методологичната рамка на доклада съчетава 1) инструментариума на регионалното климатично моделиране, 2) статистически анализ на исторически данни, 3) дистанционно наблюдение 4) систематичен анализ на мета данни и мета анализи, както и 5) интегрирането на официални статистически източници. Климатичните сценарии RCP 4.5 и RCP 8.5 са използвани последователно в различните глави като аналитична рамка за оценка на бъдещите рискове при умерено и интензивно затопляне. Представителните траектории на концентрация, известни като Representative Concentration Pathways (RCPs), са модели, предназначени да прогнозират бъдещето на потенциалните емисии на въглероден диоксид и възможните намаления на концентрацията му в атмосферата.⁶ Тези траектории се формулират въз основа на прогнози за този век, като се създават множество сценарии, от оптимистични до песимистични, относно това как емисиите на въглероден диоксид ще засегнат света в различните сектори. Там, където е налице достатъчна статистическа основа, изводите са подкрепени с количествени оценки на вероятностите и величините на очакваните промени.

Настоящият доклад е предназначен да служи като научно-аналитична основа за разработването на политики за климатична адаптация на национално и регионално ниво, в съответствие с изискванията на Европейската стратегия за адаптация към климатичните промени⁷ и ангажиментите на България по Парижкото споразумение⁸. Авторите изразяват увереност, че представените резултати ще допринесат за по-прецизното разбиране на

климатичните рискове в страната и ще стимулират необходимото синергично сътрудничество между научната общност, регулаторните институции и гражданското общество при формулирането и прилагането на адаптационни политики.

Фигура 1: Информационно каре: траектории за концентрация на парникови газове



Представителните пътеки на концентрация (Representative Concentration Pathways, RCP) са стандартен набор от климатични сценарии на IPCC. Всеки отговаря на различно ниво на парников газов ефект до 2100 г.

RCP2.6 предполага строги мерки за ограничаване на емисиите и слабо затопляне.

RCP4.5 и **RCP6.0** са междинни сценарии с умерени мерки.

RCP8.5 отразява продължаващ ръст на емисиите без съществени ограничения – така нареченият „песимистичен“ сценарий.

В настоящия доклад най-често се използват RCP4.5 (умерено затопляне) и RCP8.5 (интензивно затопляне) като рамка за илюстриране на диапазона от възможни бъдещи изменения.

2. КАРТИРАНЕ НА НАУКАТА ЗА КЛИМАТИЧНИТЕ ПРОМЕНИ В БЪЛГАРИЯ

Любимка Георгиева

*Докторант, Стопански факултет, Софийски университет
„Св. Климент Охридски“*

Настоящият раздел проследява тенденциите в климатичните изследвания в България чрез библиометричен анализ на 106 рецензирани публикации, индексирани в научната база данни Scopus за периода 2015–2025 г., отговарящи на критерии за тематична релевантност, географска насоченост към България/Югоизточна Европа и рецензиран научен характер. Резултатите показват нарастваща научна активност, разширяващ се тематичен обхват и засилена интердисциплинарност, с водеща роля на Българската академия на науките (чрез Националния институт по метеорология и хидрология - НИМХ, Националния институт по Геофизика, Геодезия и География - НИГГГ и Института за изследвания на климата, атмосферата и водите - ИИКАВ). Тези структури формират основния научен капацитет за наблюдение, анализ и моделиране на климатичните процеси на национално ниво. Софийският университет, Аграрният университет – Пловдив, Университетът по архитектура, строителство и геодезия (УАСГ), Университетът за национално и световно стопанство (УНСС) и редица регионални звена допринасят съществено за анализа на земеползването, агроклимата, градската среда и устойчивото развитие, като често съчетават климатичните данни с икономически и пространствени модели – извън рамките на класическата метеорология.

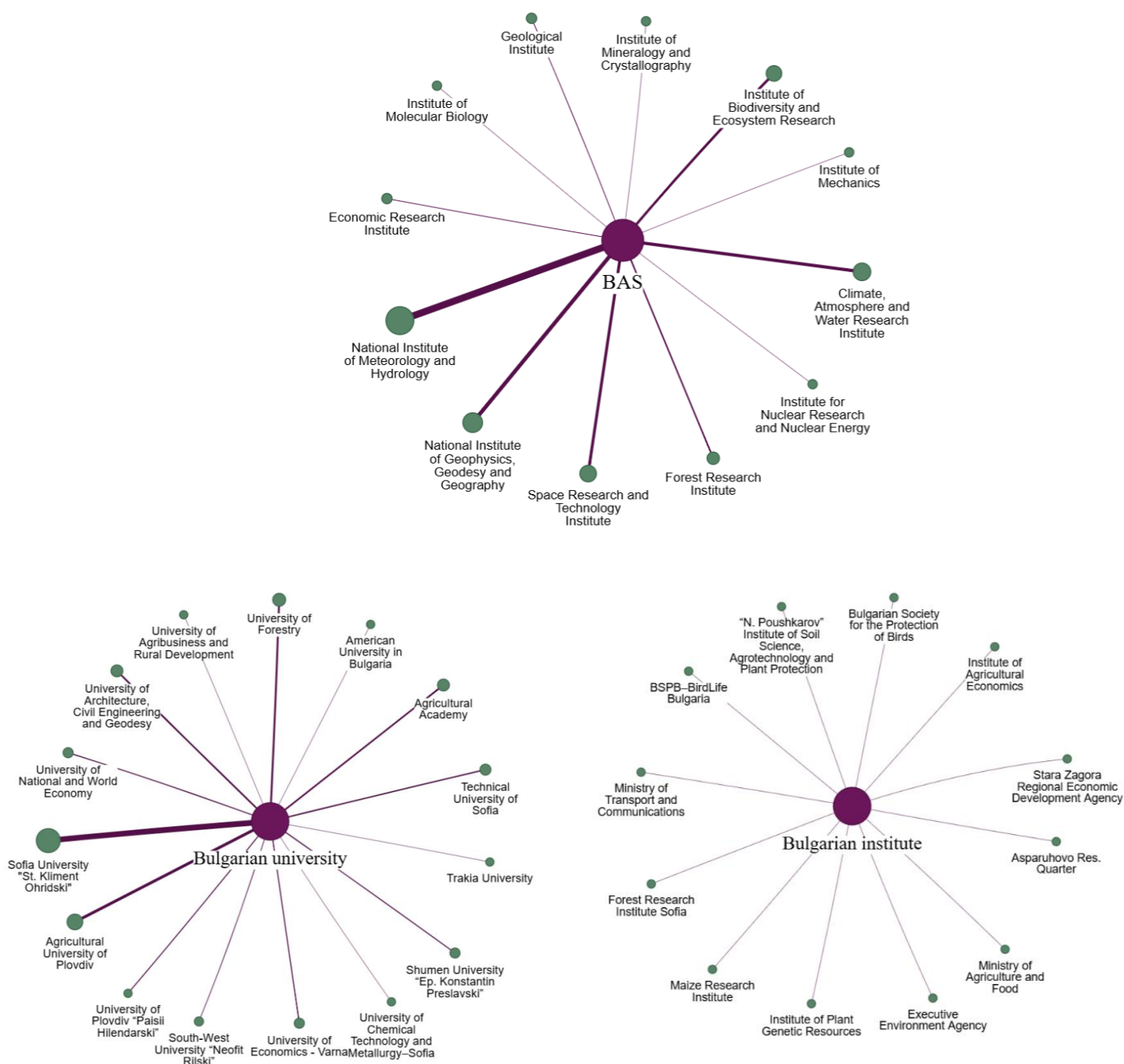
Фигура 2: Разпределение на научните публикации за изменението на климата в България спрямо вида на научния труд



Източник: [Net-Zero Lab](#).

Съществен елемент в научната екосистема представляват и международните партньорства с европейски изследователски институти, позволявайки прилагането на сравнителни подходи и транснационални анализи, особено при изследване на разпространението на климатични ефекти и екосистемни промени в европейски контекст.

Фигура 3: Структурна карта на институциите, занимаващи се с изследвания на теми, свързани с климатичните промени в България (2015-2025 г.)



Източник: Net-Zero Lab. Пълният спектър от институции, участвали в анализираните научни трудове, е достъпен оттук [\[линк\]](#).

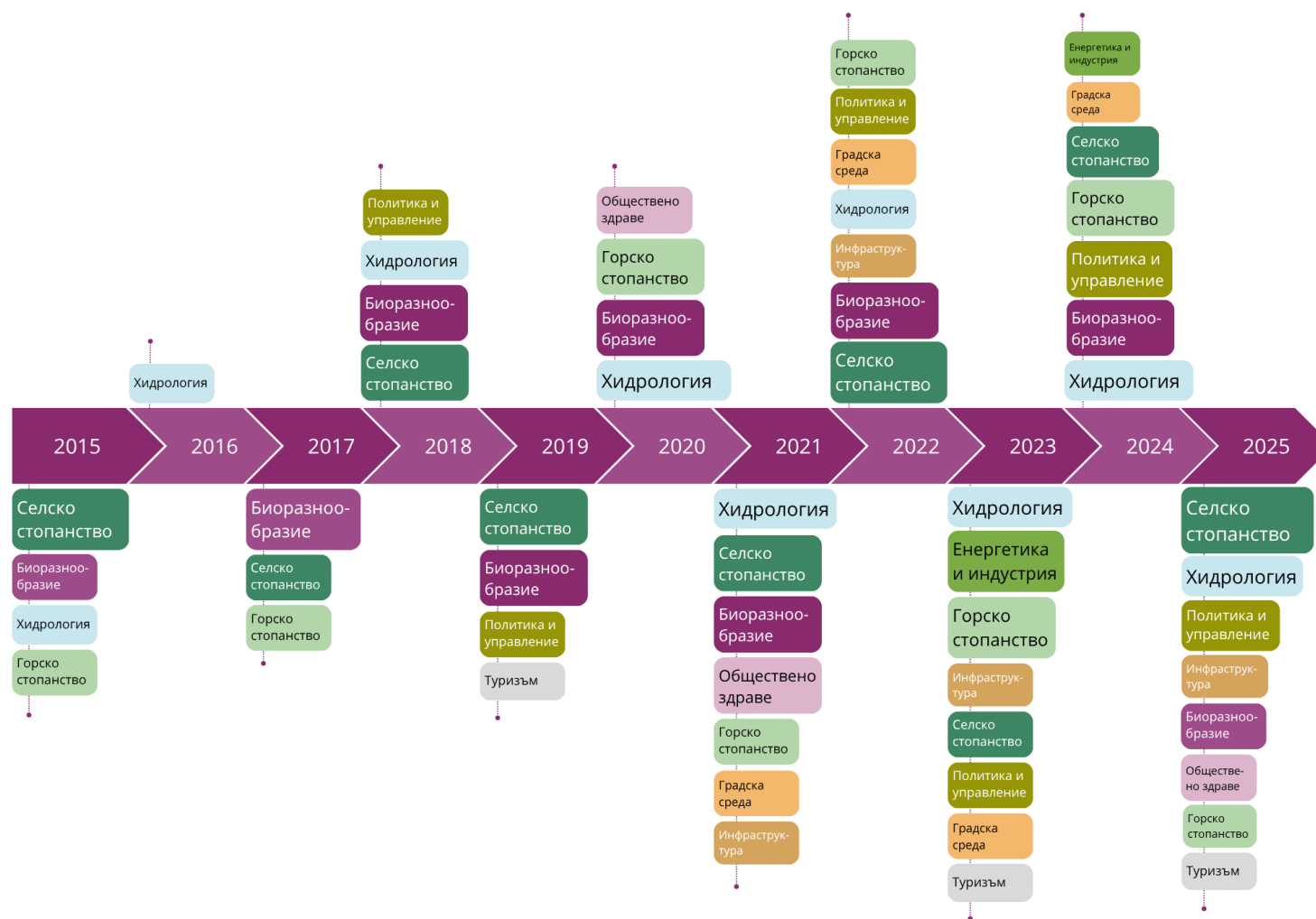
Тематично изследванията се концентрират около няколко основни направления. Най-широко застъпена е темата за **климатичната и атмосферната динамика**, включваща изследване на температурни тенденции, промени във валежните режими и нарастващата честота на екстремни климатични явления като горещи и студени вълни, суши и интензивни валежи. В рамките на това направление широко се използват както исторически наблюдения, така и климатични симулационни модели, базирани на международни рамкови сценарии. Като категорично установен факт от натрупаните изследвания се очертава *трайното затопляне на средногодишната температура в България с около 0,8°C за периода 1991–2020 г. спрямо базовия период 1961–1990 г., както и нарастващата честота на екстремно горещи години (2007 г., 2012 г., 2021 г., 2023 г., 2025 г.)*.

Фигура 4: Брой научни публикации спрямо основните тематични области на изменението на климата в България (2015-2025 г.)



Източник: [Net-Zero Lab](#).

Фигура 5: Хронологично развитие на тематичните направления в научните публикации (2015-2025 г.)



Източник: [Net-Zero Lab](#).

Второ ключово направление е изследването на **снежната покривка и криосферата**. Друга значителна част от изследванията проследява намаляващата снежна покривка и по-краткия снежен сезон в българските планини (Рила, Пирин, Витоша, Стара планина) – процеси с пряко значение за водните ресурси, карстовите системи и риска от наводнения. *Нагрупаните данни категорично потвърждават т.нар. „ефект на зимното зареждане“* - статистически доказана връзка между по-слабата снежна покривка през зимата и по-ниската почвена влажност през следващото лято, което директно намалява буферния капацитет на почвата преди пиковите летни горещини.

Тясно свързана с това направление е **хидрологията**, която разглежда връзката между климатичните промени и речния отток, водния баланс и **риска от наводнения**. Особено внимание се отделя на чувствителността на водните басейни към климатичните промени, като снежното подхранване на реките се определя като ключов фактор за сезонната динамика на водните ресурси. *Установена е категорична сезонна асиметрия при бъдещите валежни сценарии - намаление през лятото, съпроводено от концентрация и усилване на валежите през есента (пик октомври–ноември), което създава точно комбинацията от условия, пораждаща внезапни наводнения.*

Значителна част от научния труд е посветена и на **агроклиматичните системи и земеделието**, където се анализират въздействията на климатичните промени върху добивите, фенологията на културите (сред които често анализирани са пшеница, царевица и слънчоглед) и устойчивостта на агроecosистемите. Коментира се *нарастващия климатичен стрес, изразен чрез суша, високи температури и неравномерно разпределение на валежите*, което води до икономически загуби и необходимост от адаптация на агротехнологиите.

Горските екосистеми и въглеродният цикъл също представляват ключов изследователски фокус. Горите се разглеждат като основни въглеродни поглътители, а управлението на земеползването се идентифицира като стратегически инструмент за климатична неутралност. В този контекст се анализира потенциалът на устойчивото горско стопанство и агролесовъдните системи за редуциране на емисиите на парникови газове. Паралелно с това се изследват и промените в биологичното разнообразие чрез въвеждането на редица биоиндикатори, които *сигнализират за миграция на определени видове към по-големи височини и навлизане на нови екземпляри.*

Друг важен тематичен сегмент е свързан с **градската климатология и рисковете от урбанизирана среда**. Акцент в изследванията обикновено е феноменът на

градския топлинен остров, особено разглеждан в София. Допълнително се анализират наводненията в урбанизирани територии, като се установява връзка между промяната в земеползването, климатичните екстреми и повишената уязвимост на инфраструктурата с препратка към устойчивото градско планиране и адаптацията към климатичните екстреми. Ново и критично направление е уязвимостта на човешкото здраве, където се разработват индекси за риск при екстремни горещини и се оценява готовността на здравния сектор за реакция при бедствия. Публикациите обхващат и социално-икономическия отговор на България по отношение на постигането на справедлив енергиен преход и съпътстващите го предизвикателства пред декарбонизацията на въглищните региони, както и изграждането на кръгова икономика чрез използване на биомаса и отпадъци за намаляване на парниковите емисии.

Финансирането на изследванията в разгледания 10 годишен период се осигурява предимно от национални публични източници (Фонд „Научни изследвания“ към Министерство на образованието и науката) и европейски програми („Хоризонт 2020“, „Еразъм+“, ЕФРР, ЕСФ+, Механизъм за възстановяване и устойчивост), често в смесени модели; **корпоративно финансиране на климатични изследвания на практика липсва.**

Фигура 6: Най-често посочваните финансиращи организации и програми сред анализираните научни разработки



Източник: [Net-Zero Lab](#). Пълният спектър от организации и финансови програми, използвани при анализираните научни публикации, е достъпен оттук [[линк](#)].

Въпреки нарастващата активност, се открояват съществени тематични пропуски: **крайбрежните и морските климатични системи** (покачване на морското равнище, ерозия, въздействие върху туризма) остават слабо изследвани; **енергийният сектор** - устойчивостта на енергийната инфраструктура при екстремни температури и надеждността на ВЕИ - е анализиран само фрагментарно; **здравните ефекти** (топлинна смъртност, векторно преносими заболявания) липсват като системен анализ; а **социално-икономическите и поведенческите аспекти** - климатична миграция, енергийна бедност, адаптация на домакинствата - остават почти неизследвани. Българската наука на този етап описва предимно въздействията върху природните системи, но по-рядко - трансформацията на социално-икономическите и инфраструктурните сектори.

3. ФИЗИЧЕСКИ КЛИМАТИЧНИ ТЕНДЕНЦИИ И ЕКСТРЕМНИ ЯВЛЕНИЯ

Ремина Алексиева

*Изследовател, Стопански факултет, Софийски университет
„Св. Климент Охридски“*

Разположена в климатичния „горещ пункт“ на Югоизточна Европа, България се затопля по-бързо от средното за света - тенденция, потвърдена от интегриран анализ на данни на НИМХ, регионални климатични модели (ALADIN-Climate/CNRM, RegCM4) и рецензирана научна литература за периода 1961–2025 г.⁹

Настоящата глава проследява пет взаимосвързани измерения на физическата климатична система на страната - температурата, валежите и сушите, риска от наводнения (в общ и градски контекст), както и опасните бури и горските пожари. Изводите очертават не поредица от изолирани аномалии, а **системна трансформация на климатичния режим на страната**. Затоплянето вече е измеримо и статистически значимо, най-силно изразено в Северна България и през лятото; броят на горещите дни се очаква да нарасне неколkokратно до края на века. Валежите остават стабилни като национална сума, но зад това се крие рязка регионална поляризация - планините стават по-сухи, Североизточна България - по-влажна - и преструктуриране на самия режим: по-малко слаб и умерен дъжд, повече проливни и потенциално опасни валежи. Най-тревожната тенденция е формирането на **нов сезонен валежен режим** - лятно засушаване, съчетано с

есенна концентрация на валежите (пик октомври–ноември). Именно тази комбинация е в основата на зачестяващите внезапни наводнения, чиято реалност вече не е хипотетична: наводненията в Карловско (2022), Царево (2023 и 2025) и Елените (2025) са конкретно, емпирично потвърждение на моделните прогнози. Градовете допълнително усилват тези рискове чрез ефекта на топлинния остров и запечатаните повърхности, които едновременно повишават топлинния стрес и намаляват капацитета за поглъщане на дъждовна вода.

България е сред най-градобитните страни в Европа, а **честотата на екстремните валежи по Черноморието и в Източна България е нараснала с 60–75% след 1991 г.** Горските пожари стават по-чести и отделят повече въглерод, особено при засегнати иглолистни насаждения. В селското стопанство броят на сушавите дни се очаква рязко да нарасне след 2037 г., с най-силно засегнати райони Пловдив, Ямбол, Сандански и Русе - тенденция, потвърдена и на регионално ниво в Добруджа чрез статистически доказвания ефект на „зимното зареждане“ (слаба снежна покривка води до слаб летен буфер на почвената влага). Над 60% от горските местообитания по „Натура 2000“ вече са в незадоволително състояние.

3.1. ТЕМПЕРАТУРА НА ВЪЗДУХА И ЕКСТРЕМНИ ТЕМПЕРАТУРНИ ЯВЛЕНИЯ В БЪЛГАРИЯ: ТЕНДЕНЦИИ И БЪДЕЩИ ИЗМЕНЕНИЯ

проф. д-р Нина Николова

Геолого-географски факултет, Софийски университет

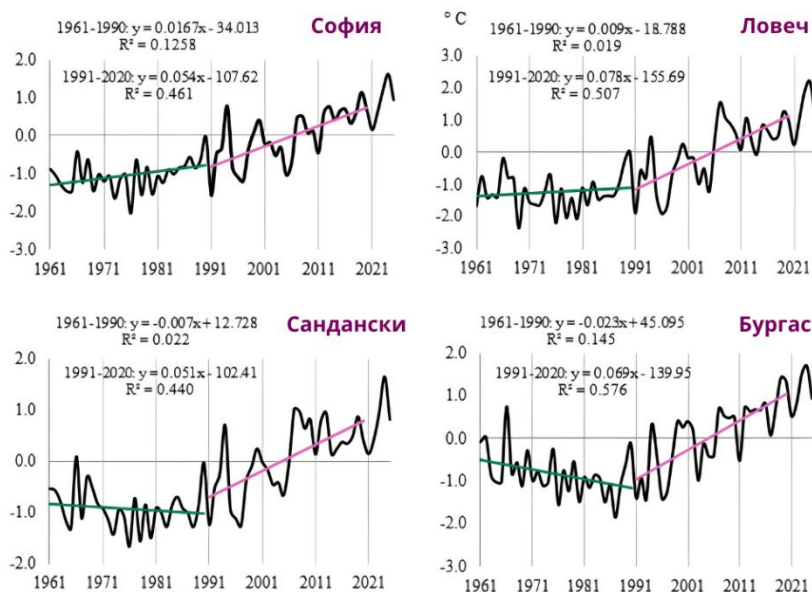
„Св. Климент Охридски“

Изменението на климата е сред основните предизвикателства пред съвременното общество, като повишаването на температурата на въздуха представлява една от най-добре документираните му прояви.¹⁰ През последните десетилетия се наблюдава нарастване на честотата и интензивността на екстремните температурни явления.¹¹ България се характеризира с по-интензивно затопляне и по-висока честота на екстремни събития спрямо средноглобалните стойности - резултат от географското положение на страната и разнообразния ѝ релеф, който поражда съществени регионални различия в температурния режим.^{12, 13} През последните десетилетия тази тенденция се съпровожда от нарастваща честота на горещите вълни, тропичните нощи и екстремно високите температури.

Наблюдавани температурни тенденции в България (1991–2025)

Данните от НИМХ, БАН и международни климатични бази показват статистически значима тенденция към затопляне в България, особено след началото на XXI век.^{14,15} Съгласно препоръките на Световната метеорологична организация периодът 1991–2020 г. се приема за съвременна климатична норма, като измененията са анализирани чрез сравнение с периода 1961–1990 г. Сравнението между периодите 1961–1990 г. и 1991–2020 г. отчита повишение на средните месечни минимални температури с 0,4–1,7 °C¹⁶, съпроводено с намаляване на денонощната температурна амплитуда и увеличаване на броя на тропичните нощи. Анализите показват, че през периода 1991–2020 г. средната годишна температура в България е с около 0,8 °C по-висока спрямо 1961–1990 г.¹⁷ Затоплянето е най-силно изразено в Северна България и през летния сезон, докато в планинските райони измененията са по-слаби. Пролетта също показва отчетливо повишение, а есента - най-слаби изменения. Това се потвърждава и на ниво отделни станции (Фигура 7), с ясно и статистически устойчиво усилване на положителния температурен тренд (високите стойности на R^2) във всички избрани станции за 1991–2020 г. спрямо 1961–1990 г., най-силно изразено в Ловеч и Бургас.

Фигура 7: Аномалии на годишните температури на въздуха в сравнение с 1991–2020 г. в избрани станции



Източник: съдържание на автора.

По данни на НИМХ 2024 г. е сред най-топлите години в България, а през периода 2023–2025 г. в много райони са отчетени продължителни горещини с температури над 35°C. Летата стават по-горещи, а зимите - по-меки и по-кратки.

Екстремни температурни явления

Съвременните климатични модели показват увеличение на честотата и интензивността на горещите вълни в Европа при затопляне над 1.5°C.¹⁸ В Южна Европа, включително и в България, те са сред основните проявления на климатичните промени, с ясно нарастване на честотата и продължителността им¹⁹, както и на дните с температури над 30°C и 35°C, особено в Горнотракийската низина и долината на р. Струма.^{20,21} Най-екстремни са летата през 2007, 2012, 2021, 2023 и 2025 г., когато в Южна България са отчетени температури до 43–44°C, представляващи риск за здравето и инфраструктурата.

Увеличаването на броя на тропичните нощи²² е ключов индикатор за климатичното затопляне, особено в градските и ниските части на България. След 2000 г. се наблюдава ясно нарастване на тяхната честота^{23,24,25}, като ефектът на „градския топлинен остров“ допълнително повишава нощните температури в големите градове.²⁶ Паралелно се отчита намаляване на студените екстремуми, включително ледените дни²⁷ и дните с мраз²⁸ в почти всички райони²⁹, както и удължаване на безмразовия период, обусловено от по-ранното настъпване на последните пролетни мразове.³⁰

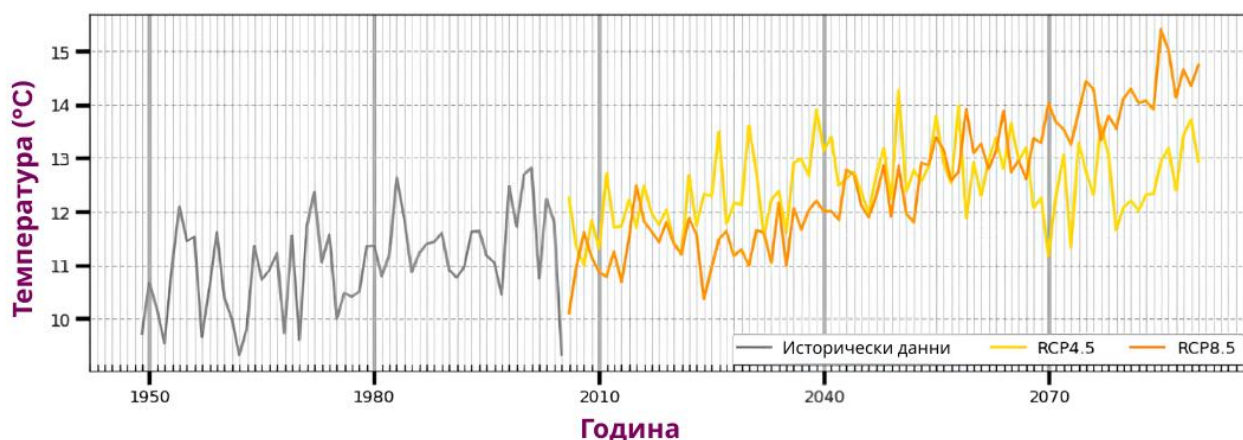
Съвременните изследвания акцентират върху комбинираните и каскадни климатични събития.^{31, 32} В България често се наблюдава съчетание от горещи вълни и суши, последвани от интензивни валежи и наводнения. Продължителните горещи периоди повишават риска от пожари, а внезапните валежи върху сухи почви - от ерозия и наводнения.

Бъдещи климатични изменения и прогнози

Червенков и Славов (2025) доказват, че определеният от Парижкото споразумение праг от +2 °C за Югоизточна Европа ще бъде надхвърлен още през следващите десетилетия, като краткосрочните прогнози показват и слаба зависимост от различните сценарии.³³ Очаква се значително увеличение на броя на горещите дни и нощи – от около 10–20 до 50–60 до края на века (2081–2100), независимо от сценария RCP. Паралелно с това се прогнозира намаляване на честотата на студените дни и нощи с приблизително 6–10.³⁴ При сценарий RCP4.5 (Фигура 1: Информационно каре №1) се очаква умерено повишение на средната температура

до около 12,8°C в средата на века и леко стабилизиране към края му. При RCP8.5 затоплянето е значително по-силно, като температурите достигат около 14,1°C до края на века (Фигура 8). За сравнение - средногодишната температура за низинните части на страната днес варира между 10,6°C и 13,3°C; при по-тежкия сценарий средната температура за **цяла** България ще надхвърли най-топлите точки, които в момента са изключение само за отделни южни райони. На практика това означава климатът на цялата страна да се "премести" на юг с няколкостотин километра спрямо днешното си усещане - лято като днешното в Южна Гърция.

Фигура 8: Средна температура на въздуха в България за периода 1950–2100 г. според модела CCLM4-8-18



Източник: Панайотов (2024).³⁵

В условията на ускоряващи се климатични промени адаптацията става все по-необходима за България чрез целенасочени политики за ограничаване на негативните въздействия от повишаващите се температури и екстремните събития. Ключова роля имат научните изследвания и международното сътрудничество за подобряване на разбирането и управлението на климатичните рискове. Необходимо е разширяване на регионалния температурен мониторинг, прилагане на сценарийни климатични модели и разработване на локални индикатори за екстремни горещини с цел по-добро планиране в сектори като градска среда, водни ресурси и енергетика.

В периода 1991–2025 г. в България се наблюдава ясно затопляне, изразено в повишаване на средните температури, зачестяване на горещите вълни и тропичните нощи, както и намаляване на студените екстремуми. Промените следват глобалните тенденции, но с регионални различия – най-силно засегнати са равнинните и южните райони, а в планините се отчита намаляване на снежната покривка. Очакваното продължаващо затопляне налага засилване на адаптационните мерки и климатичния мониторинг.

3.2. СТАТИСТИЧЕСКИ АНАЛИЗ НА ПРОМЕНЛИВОСТТА НА ВАЛЕЖИТЕ И ИНДЕКСИТЕ НА ЗАСУШАВАНЕ

доц. д-р Веска Георгиева

Национален институт по метеорология и хидрология

Валежите и засушаванията са сред ключовите климатични фактори, които оказват съществено влияние върху водните ресурси. Тяхната пространствена и времева променливост се засилва в условията на климатични промени и води до повишена честота на екстремни явления. България се характеризира със значителна изменчивост на валежния режим поради разположението си в преходна зона между континентален и средиземноморски климат, което обуславя и висока уязвимост към засушавания.

Анализ на променливостта на валежите в България

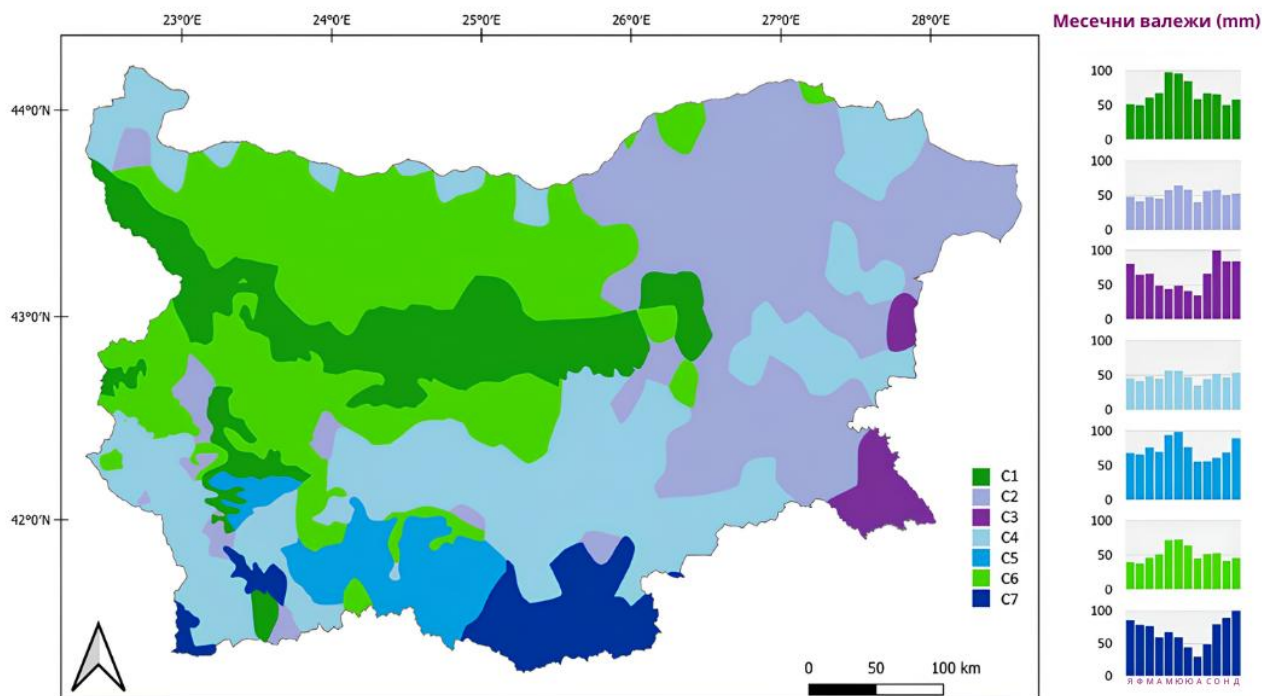
Времевата и пространствена изменчивост на валежите оказва значително влияние върху хидроложкия цикъл, земеделието и екосистемите.^{36, 37} През последните десетилетия се наблюдават съществени изменения в количеството, честотата и интензивността на валежите, които се асоциират с увеличена честота на екстремни климатични явления, включително засушавания.³⁸ Оценката на тези промени изискват прилагането на надеждни статистически подходи- анализ на времеви редове, тестове за оценка на тенденции и вариацията - за идентифициране на

закономерности и екстремни събития и по-добро разбиране на климатичната динамика.³⁹

Като част от климатичната характеристика на всеки регион, режимът на валежите и оценката на пространствената им променливост е в пряка връзка с климатичното райониране на страната (Фигура 9). Средните годишни валежи за страната са 663 мм.⁴⁰ Сезонното разпределение на валежите (Фигура 10) отразява годишният им ход.^{41, 42}

В умерено-континенталната подобласт на България (обхващаща основно Северна и Централна България) валежите през лятото съставляват около 30–35% от годишната сума. С други думи, дъждът е сравнително равномерно разпределен през годината, с известен максимум през лятото. В районите с континентално-средиземноморски климат (Югозападните и по-южните части на страната) картината е обратна: летните валежи са най-малки – около 20% от годишната сума. Това означава, че точно когато растенията имат най-голяма нужда от вода – през вегетационния сезон – тези райони получават най-малко дъжд. Затова те са по-уязвими към летни засушавания. През есента в континентално-средиземноморската климатична област валежите се увеличават до около 25% от годишната сума. За разлика от тях, в районите с континентален климатичен режим есенните валежи остават по-малки в сравнение с лятото и пролетта.^{43, 44} За да се получи по-подробна и разделена по региони картина на валежните режими в България при днешните климатични условия, е приложен статистически метод, наречен k-means клъстеризация⁴⁵ - той групира райони със сходни валежни характеристики в общи типове, вместо да ги разглежда поотделно. По този начин са установени 7 типа валежни режими в страната (Фигура 9).

Фигура 9: Регионализация на валежните режими, получени чрез прилагане на *k-means* клъстеризация върху резултатите от *varimax-rotated PC*.

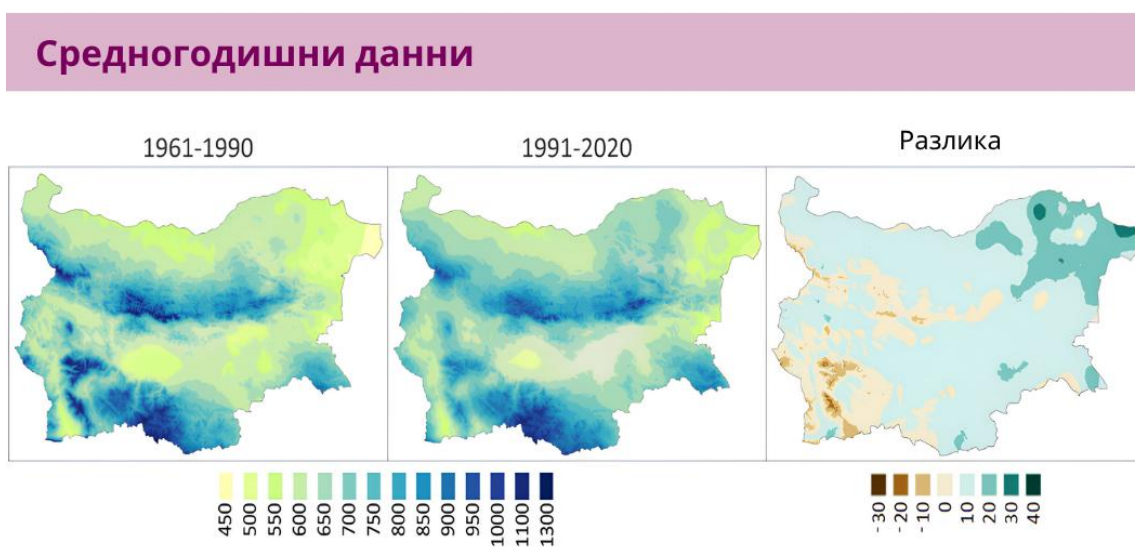
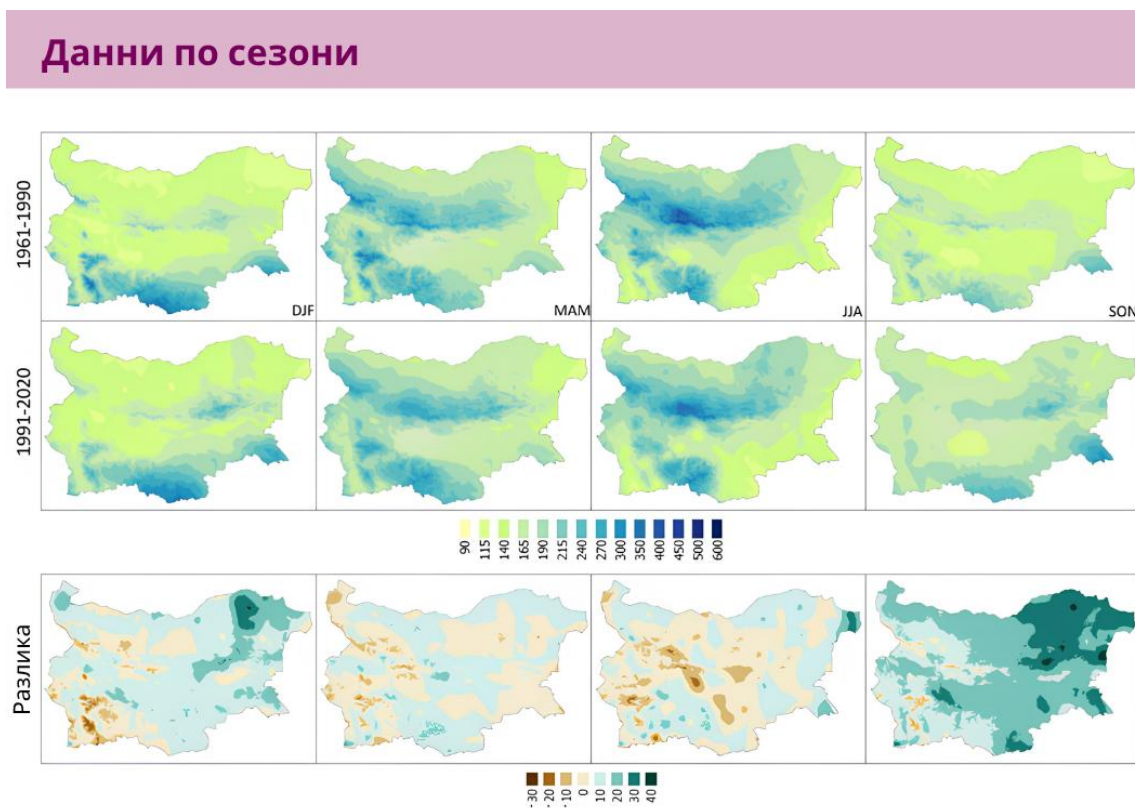


Източник: Малчева, К., Нейков, Н., Бочева, Л., Стойчева, А., Нейкова, Н. (2026).⁴⁶

Времевата променливост на валежите е обект на дългогодишни изследвания на климатолозите в България.⁴⁷ На база средни месечни суми на валежите през периода 1900-2000 г. са определени няколко епизода на засушаване през 20-ти век, най-забележими през 40-те и 80-те години на миналия век, които са наблюдавани в цялата страна, а значителен влажен период е регистриран през 50-те години. Като цяло, вариациите на годишните валежи в България към края на XX век показват общо намаление.^{48,49,50,51,52,53,54}

Сравнението на годишната сума на валежа през двата тридесетгодишни периода 1961-1990 и 1991-2020 г. показва липсата на значима промяна през втория спрямо първия за страната като цяло, поради различните знаци на промяната в отделните райони.^{55, 56} Значително намаление е установено във високите части на планините^{57, 58, 59} (до 30%), докато в Североизточна България увеличението на валежите на места достига до 40% (фиг. 10). При сезонните суми на валежа, с изключение на есента, разликите между двата периода за голяма част от страната са около $\pm 10\%$, (Фигура 10).^{60,61}

Фигура 10: Пространствено разпределение на валежите (mm) за периодите 1961-1990 и 1991-2020 г. и относителната разлика между втория и първия период в %.



Източник: Малчева, К., Червенков, Х., Бочева, Л. (2023).⁶²

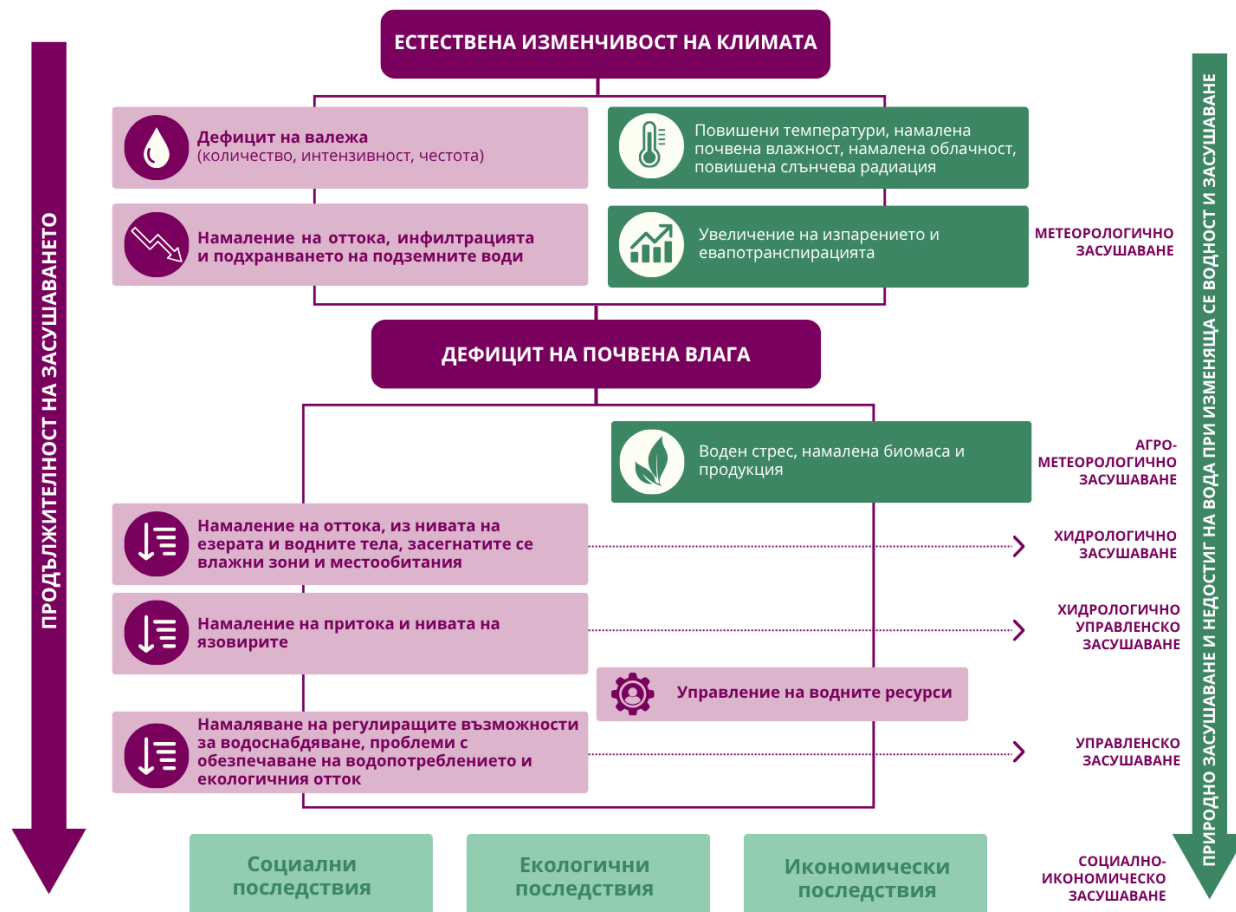
Освен в количествата и тяхното разпределение, основна характеристика на валежите е и тяхната интензивност. След 1990 г. се установяват промени на

валежния режим и тенденция за нарастване на приноса на силните, потенциално опасни валежи (≥ 30 mm/24 ч.) към сумарния годишен валеж, докато приносът на слабите (≤ 5 mm/24 ч.) и умерените (5-15 mm/24 ч.) валежи намалява, следвайки общата регионална тенденция.^{63, 64, 65} Има конкретни, географски ограничени доказателства (статистически потвърден факт), че в Североизточна България и Централна Южна България вече вали значително по-често с опасен интензитет - литра на квадратен метър само за едно денонощие-отколкото преди.^{66,67,68,69,70,71,72,73,74}

Селскостопанските и хидроложки засушавания на територията на България

България е разположена в зона с недостатъчно овлажнение и суши с различна продължителност, интензивност, времеви и пространствен обхват са характерни за всеки сезон. Сушата се класифицира като един от най-опасните климатични екстремуми, характерен за райони както с високи, така и с по-оскъдни валежи.⁷⁵ Тя е определена от международната метеорологична общност като „период на необичайно сухо време, достатъчно продължителен, за да може липсата на валежи да причини сериозен хидрологичен дисбаланс.

Фигура 11: Взаимовръзка между типове и продължителност на засушаването



Източник: графика, въз основа на Илчева, И., Йорданова, А., Любенова, Кр., Друмева, Г., & Райнова, В. (2022).⁷⁶

Определянето на параметрите ѝ, предвид комплексния характер на явленияето, е сложно и нееднозначно. Общото за всички видове суша е, че те произтичат от недостиг на валежи. Това прави използването на сумите на валежите един от основните индикатори за определяне на параметрите на сушата. Аномалиите на сумите на валежа и безвалежни периоди с различна продължителност, като класически методи за климатични анализи са използвани и за идентифициране на суша. В резултат на анализите на резултатите от приложението на тези и някои комплексни индекси Пед, Де Мартон, PAI, RDI, SPI през миналия и първата декада на 21 век са определени три периода с по-продължителни и силни засушавания – 1902-1913 г., 1942-1953 г и 1982-1993 г., а 1945 г., а за най-сухи на годишна база и за вегетационния период (май-септември) - 1945, 1993, 2000 и 2007 г.^{77,78,79}

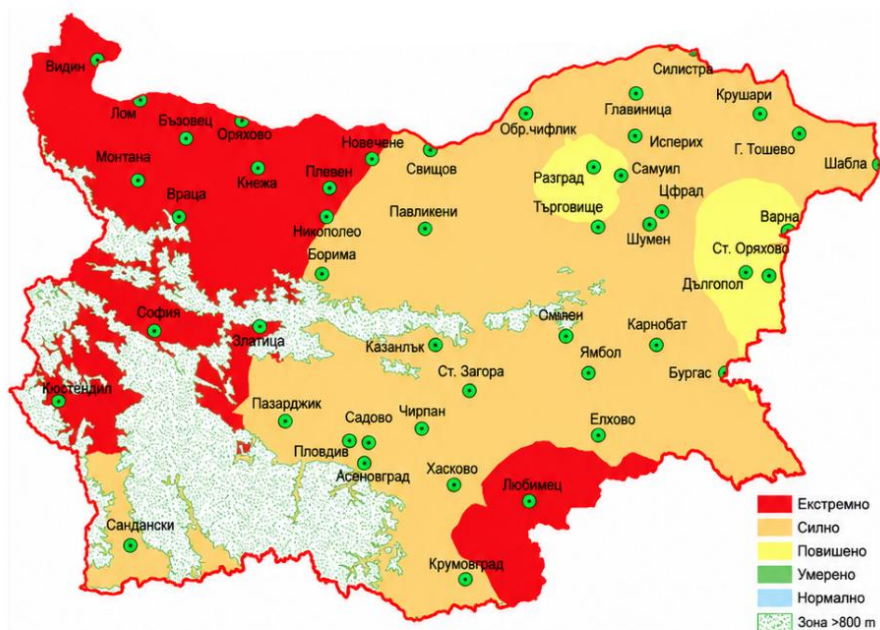
През 2012 г., Световната метеорологична организация (СМО) ⁸⁰ препоръчва използването на стандартизирания индекс на валежите (SPI) за практически мониторинг на сушата ⁸¹, който през последните години е широко използван в изследванията за България. ^{82, 83, 84} Въпреки това, SPI не отчита влиянието на температурата, което ограничава неговата приложимост в условията на глобално затопляне. В тази връзка, стандартизираният индекс на валежи и изпарение (SPEI) ⁸⁵, предоставя по-пълна картина, тъй като включва потенциалната евапотранспирация. Изследванията показват, че SPEI е по-чувствителен към климатичните промени и позволява по-добра оценка на нарастващата аридност. ⁸⁶ За оценка на дългосрочни засушавания се използва индексът на Палмър (PDSI, който отчита водния баланс. ⁸⁷ Комбинираното използване на различни индекси се приема като най-надежден подход. ⁸⁸

Регионалните изследвания разкриват ясно изразена пространствена диференциация на засушаването в България. Южните райони, включително Югозападна България се характеризират с по-висока честота и интензитет на засушаванията поради по-силното средиземноморско влияние. ^{89,90,91,92,93,94,95,96,97,98} В Северна България, особено в Дунавската равнина, засушаването има по-изразен хидрологичен характер, свързан с намаляване на водните ресурси. ^{99,100,101,102}

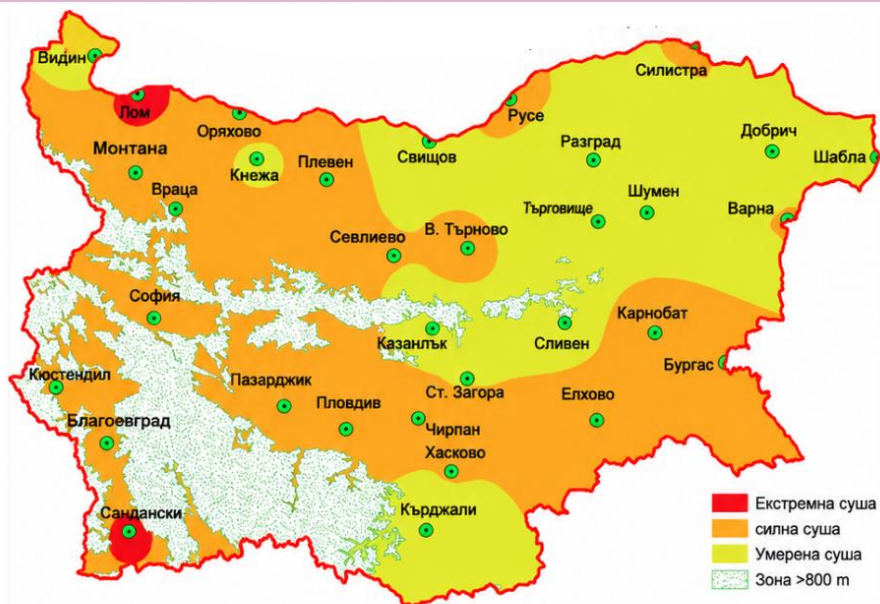
За определяне на параметрите на агрометеорологична суша, освен гореспоменатите индекси се използва и специфичния индекс за влагата на почвите - Soil moisture index (SMI), който се базира на измерените/моделирани стойности на почвената влажност (Фигура 12). Индексът дава информация за степента на изчерпване на продуктивните почвени запази от влага и може да се отнесе към влагообезпечеността, като по този начин сигнализира за момента на настъпване на почвено засушаване. ¹⁰³ По дефиниция агрометеорологичната суша е свързана с дефицит на почвено овлажняване, поради което относителната влажност на почвата е добър показател за дефинирането на началото на сушата. Директните измервания на почвена влажност в България в агрометеорологичната мрежа на НИМХ дават възможност, както за сравнителни изследвания и оценки, така и за определяне на почвено засушаване в оперативен режим. ^{104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111} Анализът на пространственото разпределение на почвеното засушаване, методи и индекси за определяне на агрометеорологичната суша, показва пряка връзка с увеличаване на уязвимостта на земеделските култури и намаляване на добивите от основните земеделски култури. ^{112,113,114,115,116}

Фигура 12: Площно разпределение на индексите на почвеното засушаване и стандартизирания индекс на валежите и евапотранспирацията

ИНДЕКС НА ПОЧВЕНО ЗАСУШАВАНЕ – SMI ЗА МЕСЕЦ ЮЛИ 2025 ГОДИНА



СТАНДАРТИЗИРАН ИНДЕКС НА ВАЛЕЖИТЕ И ЕВАПОТРАНСПИРАЦИЯТА SPEI – МЕСЕЦ ЮЛИ 2025 ГОДИНА



Източник: Месечен бюлетин на НИМХ (2025).¹¹⁷

Таблица 1: Идентификация на засушаването с метеороложки индекси SPI 3, SPI 6 и SPI 12

08.1992	0.27	0.24	-0.42	01.2000	0.19	0.69	0.46
09.1992	-0.96	0.8	-0.45	04.2000	-0.16	0.31	0.16
10.1992	-0.79	0.01	-0.68	05.2000	-1.57	-0.62	-0.28
11.1992	-0.25	0.01	-0.58	06.2000	-2.04	-1.53	-0.83
12.1992	-0.46	-1.07	-0.66	07.2000	-1.75	-1.51	-1.03
01.1993	-1.21	-1.36	-0.62	08.2000	-1.63	-2.1	-1.14
02.1993	-1.66	-1.47	-0.57	09.2000	-0.78	-1.96	-1.02
03.1993	-0.11	-0.67	-0.08	10.2000	-1.13	-2.05	-1.43
04.1993	-0.1	-0.06	-0.47	11.2000	-1.34	-2.2	-1.88
05.1993	-0.89	-1.32	-0.82	12.2000	-1.27	-2.17	-2.64
07.1993	-1.69	-1.32	-1.86	01.2001	-2.14	-2.32	-2.76
08.1993	-1.68	-1.45	-2.01	02.2001	-0.21	-1.47	-2.57
09.1993	-2.03	-1.62	-2.09	03.2001	0.46	-1.81	-2.52
10.1993	-1.75	-2.43	-2.39	04.2001	1.04	-0.57	-2.1
11.1993	-2.16	-2.43	-2.42	05.2001	0.06	-0.29	-1.80
12.1993	-0.55	-2.13	-2.28	06.2001	-0.66	-0.29	-1.18
01.1994	-0.55	-1.63	-2.17	07.2001	-1.47	-0.66	-1.94
02.1994	-0.02	-1.47	-2.19	08.2001	-1.63	-1.11	-1.7
03.1994	-0.88	-1.62	-2.24	09.2001	-0.18	-0.64	-1.47
04.1994	-1.41	-1.81	-2.86	10.2001	-0.45	-1.11	-1.41
05.1994	-0.60	-0.51	-2.34	11.2001	-0.45	-1.54	-1.19
06.1994	0.17	-0.49	-2.06	12.2001	-0.04	-0.72	-0.76
07.1994	0.27	-0.1	-1.02	01.2002	-0.63	-0.76	-1.04
08.1994	-0.11	-0.06	-0.9	02.2002	-0.44	-0.89	-1.44
09.1994	-0.07	-0.27	-1.14	03.2002	-0.16	-1.05	-1.06
10.1994	-1.07	-0.72	-0.92	04.2002	-0.07	-0.55	-1.49
11.1994	-2.72	-1.52	-1.28	05.2002	-0.24	-0.82	-1.63
12.1994	-1.68	-1.91	-1.58	06.2002	-0.69	-0.09	-1.12
01.1995	-1.02	-2.08	-1.27	07.2002	0.21	0.09	-0.46
02.1995	0.11	-2.03	-1.11				
03.1995	0.58	-0.95	-0.7				
04.1995	-0.07	-0.82	-1.12				
05.1995	1.67	1.12	-0.28				
Период 1992 - 1995 г. - фрагмент				Период 2000 - 2002 г. - фрагмент			

Таблица2: Идентификация на засушаването с метеороложки индекси SPI 3, SPI 6 и SPI 12

Aug/1992	-1.11	-0.41	-0.27	Jan/2000	-1.53	-1.03	-0.30
Sep/1992	-1.25	-0.70	-0.42	Feb/2000	-1.66	-1.05	-0.20
Oct/1992	-1.39	-0.90	-0.00	Mar/2000	-1.80	-1.17	-0.60
Nov/1992	-1.37	-0.81	-0.04	Apr/2000	-2.03	-1.81	-1.37
Dec/1992	-1.81	-1.11	-0.87	May/2000	-2.37	-1.89	-1.52
Jan/1993	-1.68	-1.28	-0.90	Jun/2000	-2.42	-1.94	-1.60
Feb/1993	-1.65	-1.29	-0.00	Jul/2000	-2.42	-1.82	-1.30
Mar/1993	-1.77	-1.30	-1.05	Aug/2000	-2.46	-1.78	-1.80
Apr/1993	-1.93	-1.40	-1.25	Sep/2000	-2.41	-2.05	-1.89
May/1993	-2.01	-1.58	-1.27	Oct/2000	-2.40	-2.20	-1.62
Jun/1993	-2.05	-1.40	-1.18	Nov/2000	-2.17	-2.01	-1.42
Jul/1993	-2.09	-1.37	-2.22	Dec/2000	-2.35	-2.12	-1.77
Aug/1993	-1.02	-1.55	-1.27	Jan/2001	-2.46	-2.24	-2.20
Sep/1993	-1.97	-1.59	-1.30	Feb/2001	-2.44	-2.26	-2.06
Oct/1993	-1.82	-1.79	-1.10	Mar/2001	-2.49	-2.23	-2.00
Nov/1993	-1.84	-2.01	-1.05	Apr/2001	-2.32	-1.96	-1.61
Dec/1993	-1.98	-2.04	-1.68	May/2001	-2.14	-1.86	-1.73
Jan/1994	-1.98	-1.04	-1.66	Jun/2001	-2.31	-1.69	-1.64
Feb/1994	-1.92	-1.95	-1.66	Jul/2001	-2.24	-1.51	-0.62
Mar/1994	-1.93	-1.95	-1.61	Aug/2001	-2.04	-1.61	-0.87
Apr/1994	-1.79	-1.55	-1.41	Sep/2001	-1.91	-1.87	-1.20
May/1994	-1.87	-1.29	-1.32	Oct/2001	-1.91	-1.79	-1.30
Jun/1994	-2.00	-1.19	-1.02	Nov/2001	-2.02	-1.96	-1.94
Jul/1994	-1.43	-1.11	-0.92	Dec/2001	-1.96	-2.00	-1.94
Aug/1994	-1.33	-1.03	-0.80	Jan/2002	-1.76	-1.94	-1.72
Sep/1994	-1.24	-1.26	-1.07	Feb/2002	-1.28	-1.79	-1.64
Oct/1994	-1.17	-1.33	-1.06	Mar/2002	-1.02	-1.50	-1.60
Nov/1994	-1.12	-1.28	-1.02	Apr/2002	-0.68	-1.50	-1.41
Dec/1994	-1.00	-1.17	-1.11	May/2002	-0.53	-1.37	-1.41
Jan/1995	-0.94	-1.17	-1.10	Jun/2002	-0.20	-0.98	-0.94
Feb/1995	-0.71	-0.95	-1.17	Jul/2002	-0.18	-0.00	-0.89
Mar/1995	-0.32	-0.19	-0.90	Aug/2002	-0.20	-0.04	-0.69
Apr/1995	-0.02	-0.71	-0.97				
May/1995	0.11	-0.56	-0.79				
Период 1992 - 1995 г. - фрагмент				Период 1999 - 2002 г. - фрагмент			

Източник: Илчева, И., Йорданова, А., Любенова, Кр., Друмева, Г., & Райнова, В. (2022).¹¹⁸

Продължителната метеорологична и почвена суша и натрупаните дефицити, в зависимост от спецификите за речния басейн пряко влияят върху речния отток, наличието на подземни води и секторите, свързани с водата и предизвиква хидроложка суша. За отчитането ѝ се използват стандартизиран индекс на оттока (SRI)¹¹⁹, индекс на засушаване на оттока (SDI), индекс на аномалиите във валежите (RAI), индекс на аномалиите на оттока (SAI), оценка на риска от суша (DHI).^{120, 121, 122, 123, 124} В основата на голяма част от изследванията, свързани с хидроложката суша е корелацията между индексите, характеризиращи трите типа суша и връзката между тях, като хидроложката настъпва със закъснение, което зависи от регионалните особености (речни басейни, релеф, водозадържане), Таблица 1 и 2^{125,126,127,128,129,130,131} Индексите за хидрологична суша се определят на ниво водосбор, поради което са задължителни площните оценки на индексите.¹³²

За целите на мониторинга на сушата е необходимо изграждането на индикаторна система (Таблица 3 и Фигура 13: Индикаторна система на НИМХ и допълване с нови индекси и индикатори Фигура 13), която отчита настъпването и териториалния обхват на типовете суша.^{133, 134} От 2013 г. в НИМХ се извършва оперативен мониторинг на сушата (Фиг 14), където на месечна база се представя площно разпределение на метеорологична, агрометеорологична и хидроложка суша. За целта се използват трите индекса – SPI, SMI и SRI.

Таблица 3: Индикаторна система за ранно предупреждение за настъпване и управление на сушата

Тип засушаване	Индекси и показатели за оценка	Експериментално приложения
1. Метеорологично засушаване	Валежи – SPI	SPI 1, SPI 3, SPI 6, SPI 9, SPI 12, SPI 24
2. Агрометеорологично засушаване	Влажност на почвата – SMI	Неприложимо (n.a.)
3. Хидроложко засушаване	Отток – SRI	SRI 1, SRI 3, SRI 6, SRI 9, SRI 12, SRI 24
4. Хидрогеоложко засушаване	Нива на подземните води; Индекс на базовия отток (BFI)	Нива на кладенците, дебит на изворите, BFI
5. Оперативно и социално-икономическо засушаване и недостиг на вода	Приток към язовирите; Прагови нива на притоците	Месечни и годишни притоци към язовирите с вероятност за превишаване 50%, 75%, 95%. Прагови нива.
6. Оперативно и социално-икономическо засушаване и недостиг на вода	Нива на язовирите; Оперативни индекси и графици за диспечирание; Индекс на състоянието; Процент от ефективния капацитет	Индекс на състоянието (SI) и стандартизиран индекс на състоянието (SSI) за язовири и речни басейни
7. Оперативно и социално-икономическо засушаване и недостиг на вода	Недостиг на вода при условия на засушаване; Показатели за оценка на социално-икономическото и екологичното въздействие	Индекс на надеждност на водоснабдяването. Уязвимост на екологичния отток. Определяне на критерии за устойчивост.

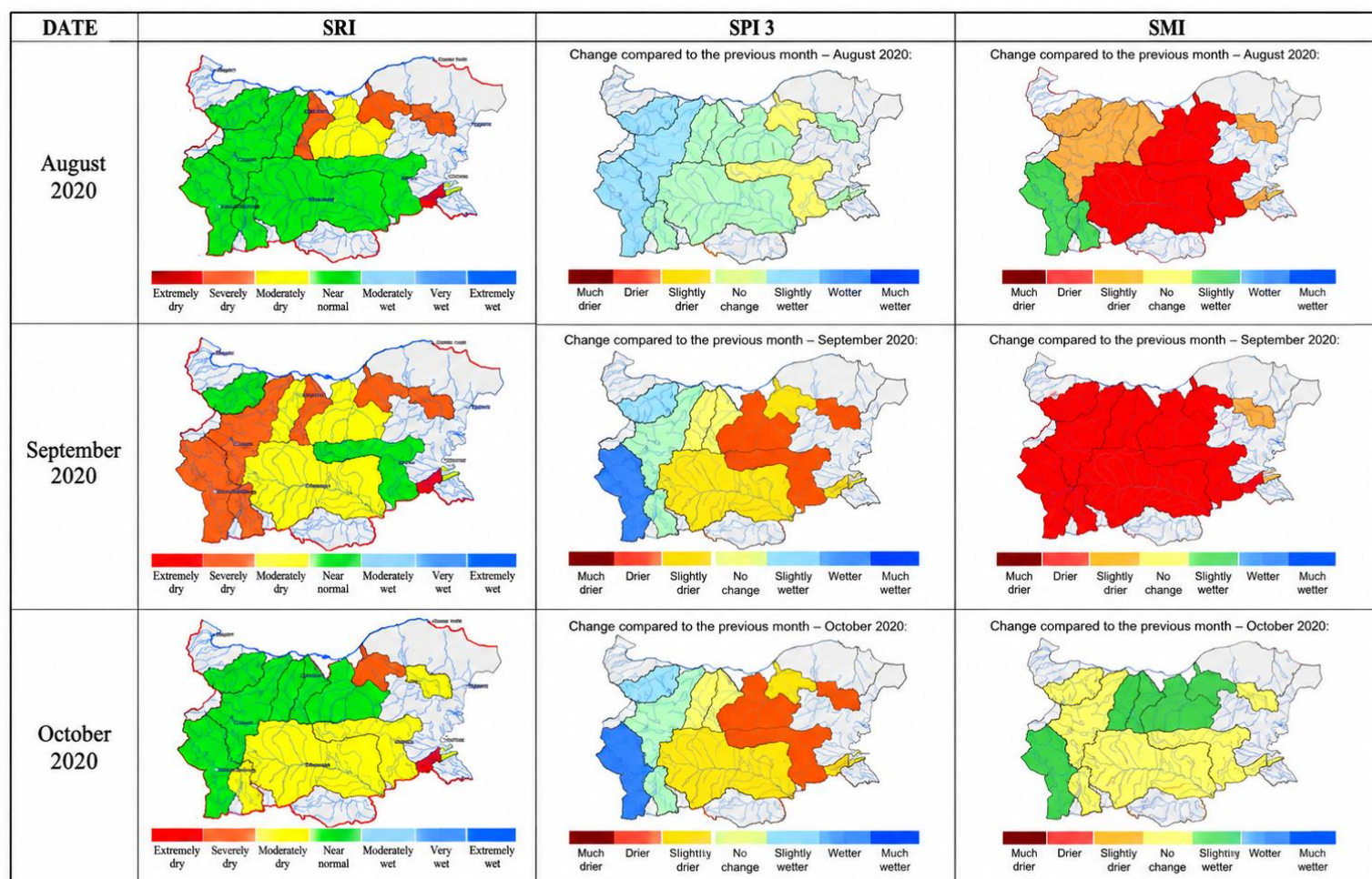
Източник: таблица, въз основа на Димитров, Й., & Илчева, И. (2021).¹³⁵

Фигура 13: Индикаторна система на НИМХ и допълване с нови индекси и индикатори

Тип засушаване		Индикатори и индекси за оценка – индикаторна система на НИМХ	
	Метеорологично засушаване	Валежи. Стандартизиран индекс на валежите – Standardized Precipitation Index (SPI). Индикаторна система НИМХ (www.meteo.bg).	
	Агрометеорологично засушаване	Почвена влага. Индекс на засушаването на почвата – SMI. Индикаторна система НИМХ (www.meteo.bg).	
	Хидрологично засушаване	Отток. Стандартизиран индексите на оттока – Standardized Runoff Index (SRI). Индикаторна система НИМХ (www.meteo.bg).	
Нови индикатори и индекси – експериментално допълване на индикаторната система			
	Хидрологично и управленско засушаване	Приток към язовирите. Прагови нива на месечни и годишни притоци с характерна обезпеченост – 50%, 75%, 95% (Споразумение с МОСВ [12], (www.moew.government.bg))	
	Управленско засушаване	Напълване на язовирите. Индекси за състоянието на язовирите (Standardised State Index – Испания). Процент от обема на язовира (Португалия). Диспечерски графици (ДГ) (Споразумение на НИМХ с МОСВ [14])	
	Управленско и социално-икономическо засушаване	Недостига на вода при засушаване. Социално-икономически и екологични последствия. Оценка на уязвимостта и адаптивния капацитет на социално-икономически и екологични системи. Разработена индикаторна система в рамката (DPSIR – Drivers-Pressure-State-Impact-Response) [4,11]. Разработени са подход и критерии за оценка на значимостта на язовирите (Споразумение на НИМХ с МОСВ [13]).	

Източник: Илчева и др. (2022).¹³⁶

Фигура 14: Мониторинг на суша чрез три индекса – SPI, SMI и SRI по водосбори



Източник: Йорданова, А., Илчева, И., Бочева, Л., Малчева, К., & Любенова, К. (2022).¹³⁷

В заключение, анализът на валежите и засушаванията в България показва, че климатичните условия в страната се характеризират с висока изменчивост и ясно изразени регионални различия. Наблюдаваните промени в интензивността на валежите и нарастващата честота на засушаванията подчертават значението на комплексния подход при тяхното изследване и мониторинг. Връзката между различните типове суша и влиянието им върху водните ресурси и земеделието изискват прилагането на интегрирани методи за оценка и адаптация. В условията на климатични промени, подобряването на системите за наблюдение и управлението на водните ресурси се очертават като ключови фактори за устойчивото развитие на страната.

3.3. ЗАПЛАХА И РИСК ОТ НАВОДНЕНИЯ В БЪЛГАРИЯ В УСЛОВИЯТА НА ПРОМЕНЯЩ СЕ КЛИМАТ

проф. д-р Стелиян Димитров

*Геолого-географски факултет, Софийски университет „Св. Климент
Охридски“*

Наводненията представляват една от най-съществените природни опасности в България, чието значение нараства в условията на променящ се климат и силно динамизирана географска среда. Тяхната честота, интензивност и пространствена проява се определят от взаимодействието между климатични фактори, географската структура на водосборите и антропогенните трансформации на ландшафта. В този смисъл рискът от наводнения следва да се разглежда не като функция единствено на валежа, а като резултат от поведението на цялата геосистема, включително нейните вътрешни ограничения, чувствителност и прагове на устойчивост.

Разположението на България между умерени и средиземноморски климатични влияния обуславя висока вариабилност на валежния режим и предпоставки за възникване на екстремни хидрометеорологични явления. В условията на климатични промени тази вариабилност се усилва, като измененията се проявяват не толкова в общите годишни количества, колкото в трансформация на структурата

на валежния режим - сезонност, интензивност и концентрация в кратки времеви интервали. Именно тази трансформация е от ключово значение за риска, тъй като определя хидроложкия отговор на водосборите и вероятността от екстремни събития.^{138,139}

Оценката на риска изисква анализ не само на климатичния сигнал, но и на начина, по който той се проявява пространствено и се трансформира чрез географските характеристики на територията. Особено чувствителен елемент са малките и бързо реагиращи водосбори, при които дори краткотрайни валежни импулси могат да доведат до рязка ескалация на опасността. Важно е да се подчертае, че тези процеси вече се проявяват в реални събития. Наводненията в Карловско (2022 г.), Царево (2023 г. и 2025 г.) и Елените (2025 г.) могат да се разглеждат като емпирично потвърждение за нарастващата чувствителност на подобни системи. Общото между тях е не само интензивният валеж, а взаимодействието между климатичен импулс, специфична морфометрия на водосборите, висока динамика на оттока и наличие на критични точки на системен отказ. Това показва, че става дума за системен процес, а не за изолирани аномалии.

За настоящият анализ е използван регионалният климатичен модел ALADIN-Climat/CNRM, който позволява детайлно представяне на пространствената и сезонната структура на климатичния сигнал. Резултатите се интерпретират в рамките на сценарийно базиран подход, отчитащ неопределеността в бъдещите климатични условия. Валежите представляват основният климатичен фактор, който „задвижва“ процесите на формиране на наводнения, но сам по себе си валежът не е достатъчно условие за възникване на опасност. Същевременно, поради силно стохастичния характер на валежните процеси (т.е., не могат да бъдат прогнозирани с абсолютни стойности), тяхната пространствено-времева проява остава трудно предсказуема, особено по отношение на екстремните събития. Това допълнително усложнява оценката на риска и изисква подходи, които не се базират единствено на детерминистични прогнози, а отчитат диапазон от възможни сценарии и чувствителността на геосистемите.

Въпреки че рискът от наводнения може да се проявява чрез различни по характер процеси - включително флувиални, плувиални, крайбрежни и комбинирани наводнения, за условията на България основните заплахи и рискове са свързани преди всичко с флувиалните наводнения и внезапните наводнения (flash floods). Първите традиционно формират значителна част от риска в речните системи и са

добре представени в съществуващите оценки и инструменти за управление на риска, включително в рамките на Плановите за управление на риска от наводнение (ПУРН) и определените райони със значителен потенциален риск от наводнения (РЗПРН). В същото време все по-ясно се очертава, че именно внезапните наводнения, свързани с малки и бързо реагиращи водосбори, се превръщат в особено значим и нарастващ риск в условията на климатични промени. Това се дължи както на тенденциите към увеличаване на интензивните краткотрайни валежи, така и на високата чувствителност на подобни геосистеми към прагово поведение и бърза ескалация на опасността.

Валежите представляват основният климатичен фактор, който „задвижва“ процесите на формиране на наводнения, но сам по себе си валежът не е достатъчно условие за възникване на опасност. Наводненията се проявяват тогава, когато валежният импулс взаимодейства с конкретна географска обусловеност, включваща особеностите на релефа, морфометрията на водосборите, характеристиките на повърхността, степента на наситеност, структурата на земеползването и наличието на естествени или антропогенни ограничения в системата. Именно в това взаимодействие климатичният сигнал се трансформира в реален риск.

Анализът на климатичните сценарии RCP 4.5 и RCP 8.5 показва ясно изразена трансформация на валежния режим, проявяваща се като силно сезонно преразпределение. И при двата сценария се наблюдава устойчива тенденция към намаляване на валежите през летния период (VI-VIII), което създава предпоставки за засушаване и повишен воден дефицит. Този сигнал е по-силен при RCP 8.5 и се засилва към края на века (Фигура 15).

Фигура 15: Промяна в месечните валежни суми в % по басейнови дирекции спрямо периода 1981-2010г. (ALADIN-Climate/CNRM)

RCP 4.5

до 2050	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Годишно
България	7,3	25,6	-2,9	7,7	5,4	-7,7	-3,9	-19,6	16,1	24,8	9,8	10,9	6,1
Дунавска	10,4	22,7	0,7	8,9	6,2	-9,1	-5,2	-21,9	13,5	18,8	2,1	13,4	5,0
Източноб.	-0,6	27,2	-5,5	7,0	4,5	-7,2	-6,6	-19,8	16,3	34,5	16,2	10,3	6,4
Черном.	9,5	25,1	-6,8	8,1	5,0	-9,9	3,3	-11,7	24,8	16,5	15,1	11,1	7,5
Западноб.	16,6	31,2	-0,7	4,8	6,0	-0,9	-4,0	-25,1	8,6	31,0	7,6	4,1	6,6

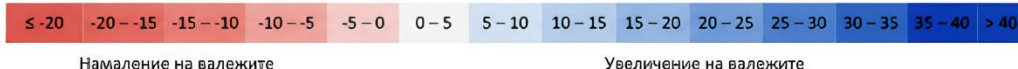
2071-2100	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Годишно
България	-11,9	6,4	0,5	13,4	8,6	-2,2	-16,1	-19,0	-2,6	17,8	36,4	8,1	3,3
Дунавска	-3,2	5,7	1,2	14,0	9,1	-4,1	-22,3	-22,9	-3,9	18,2	33,3	12,1	3,1
Източноб.	-18,0	5,9	3,2	14,4	7,6	-2,8	-17,3	-18,7	-4,4	16,4	43,2	3,6	2,8
Черном.	-18,0	6,9	-6,4	9,1	4,0	-4,7	-3,5	-9,4	13,2	16,4	29,6	1,1	3,2
Западноб.	-11,6	9,7	2,7	15,8	17,7	9,6	-14,4	-23,5	-20,6	23,1	39,1	19,9	5,6

RCP 8.5

до 2050	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Годишно
България	-2,9	-11,7	-2,4	3,1	7,0	-6,5	-8,7	-10,0	9,1	26,0	37,7	12,8	4,5
Дунавска	4,5	-7,9	0,5	4,0	4,1	-7,2	-12,3	-12,3	10,1	24,8	40,3	11,1	5,0
Източноб.	-8,2	-15,7	-4,3	1,5	8,4	-7,5	-10,9	-8,8	8,0	28,8	37,8	15,0	3,7
Черном.	-3,5	-2,7	-3,8	10,9	7,0	-4,4	2,6	-3,6	17,8	20,7	22,8	14,8	6,6
Западноб.	-11,1	-27,5	-4,3	-8,2	12,0	-4,7	-10,2	-16,9	-5,8	30,7	54,8	8,6	1,4

2071-2100	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Годишно
България	-8,1	18,2	2,7	20,2	0,7	-1,7	-15,9	0,9	21,4	37,4	30,2	-4,9	8,4
Дунавска	1,1	19,4	4,0	23,1	0,7	-4,8	-19,1	0,8	26,5	38,7	34,6	1,6	10,5
Източноб.	-16,0	24,2	4,5	17,4	-3,7	-2,5	-20,7	-1,8	14,8	36,9	33,2	-6,9	6,6
Черном.	-5,0	8,5	-3,2	18,5	6,5	4,6	-5,1	11,1	28,8	33,4	22,6	-3,3	9,8
Западноб.	-21,2	14,0	3,1	21,6	3,6	0,2	-10,7	-8,6	11,1	41,5	20,1	-22,6	4,3

Легенда (%)



Намаление на валежите

Увеличение на валежите

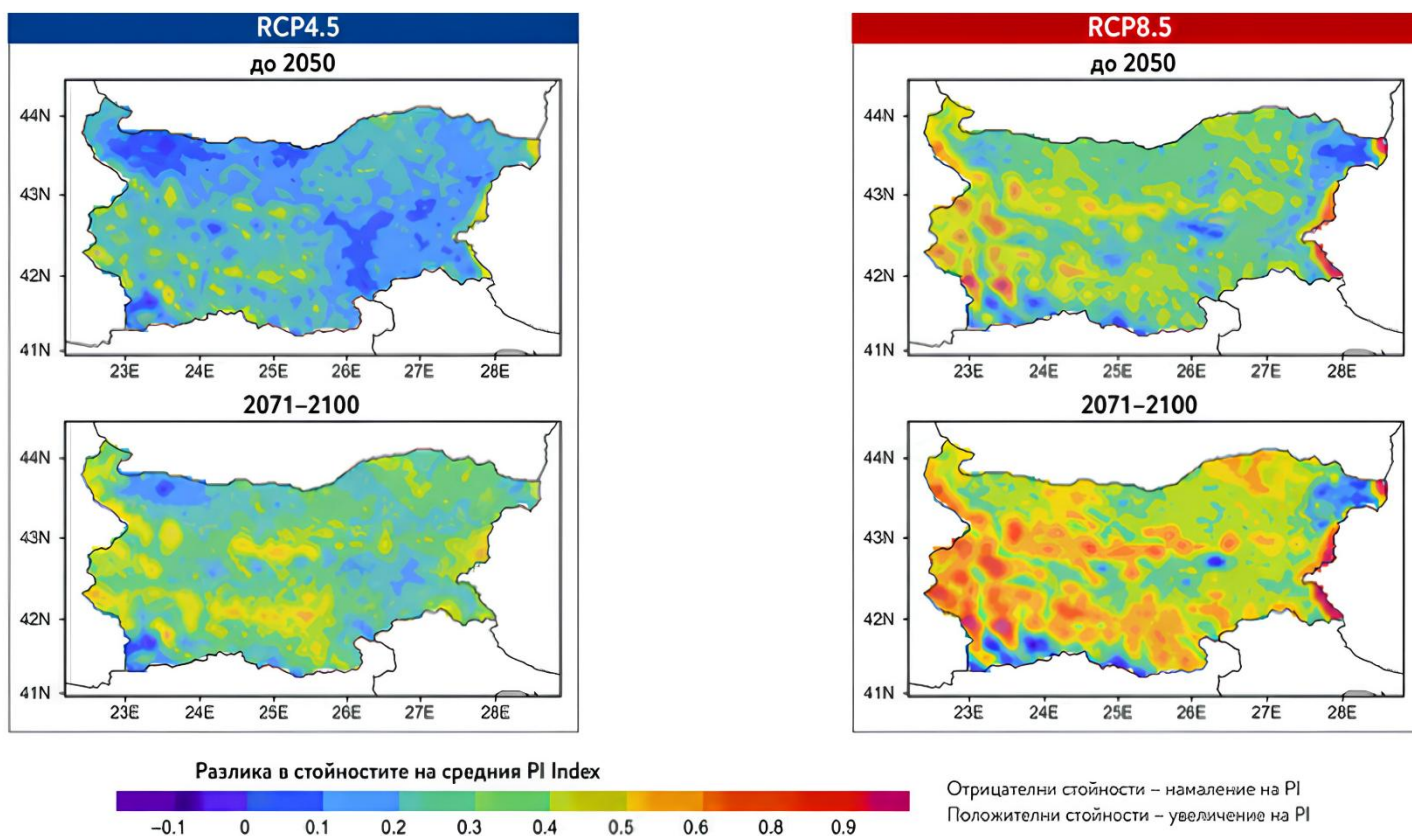
Положителни стойности – увеличение
Отрицателни стойности – намаление

Източник: ALADIN-Climate/CNRM.¹⁴⁰

Паралелно с това се наблюдава ясно изразено увеличение на валежите през есента (IX–XI), с максимум през октомври и ноември. Това означава концентрация на валежите в по-кратки интервали и повишена вероятност за интензивни събития. Пролетният сезон показва тенденция към увеличение, докато зимният остава с висока вариабилност. Регионалните различия са ясно изразени, като по-силен сигнал за увеличение на валежите се наблюдава в Източна България и по Черноморското крайбрежие, докато Западна България и вътрешноконтиненталните части се характеризират с по-изразени летни дефицити. Дунавската равнина показва висока сезонна контрастност, а планинско-предпланинските райони в Южна България съчетават риск от летни засушавания с условия за интензивни есенни валежи. Ключовият резултат е формирането на нов валежен режим, характеризиращ се с: 1) летен дефицит на валежи; 2) есенна

концентрация и интензификация; 3) повишена сезонна контрастност. Тези тенденции се потвърждават и от пространственото разпределение на PI Index, който отразява интензивността на валежните събития. И при двата сценария се наблюдава увеличение на стойностите му, което показва засилване на екстремността на валежния режим и нарастване на риска от внезапни наводнения (Фигура 16).

Фигура 16: Пространствено разпределение на разликите в стойностите PI по сценариите RCP4.5 и RCP8.5 спрямо периода 1981-2010г. (ALADIN-Climate/CNRM)



Източник: ALADIN-Climate/CNRM¹⁴¹

До 2050 г. измененията са по-умерени и пространствено хетерогенни, с преобладаващи слаби до умерени положителни стойности. Най-изразен сигнал за увеличение се наблюдава в Южна България, Източните райони и по Черноморското крайбрежие, докато в отделни планински територии се регистрират локални понижения.

Към края на века сигналът се усилва значително, особено при RCP 8.5, където се формира ясно изразена зона на високи стойности на PI Index в Южна България, Родопската област и по Черноморието. Северна България запазва по-умерен характер на измененията. Регионално се очертава контраст между:

- Южна и Югозападна България - по-висок потенциал за интензивни валежи;
- Черноморския район - ясно изразено усилване;
- Северна България – по-умерен сигнал.

Особено важно е да се отбележи, че тези зони съвпадат с райони на реално проявени бедствия (Аспарухово, Карловско, Царево, Елените), което показва припокриване между моделния сигнал и наблюдаваната реалност.

В заключение, рискът от наводнения в България следва да се разглежда като резултат от взаимодействието между климатичния сигнал, географската структура и антропогенните трансформации. Внезапните наводнения в малки и бързо реагиращи водосбори се очертават като една от най-сериозните и нарастващи опасности. Това налага развитие на подходи, насочени към пространствена диагностика, идентифициране на критични точки и управление на риска в рамките на геосистемната логика.

3.3.1. КЛИМАТИЧНИ ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВА И РИСКОВЕ ПРЕД УРБАНИЗИРАНИТЕ ТЕРИТОРИИ В БЪЛГАРИЯ

проф. д-р Стелиян Димитров

*Геолого-географски факултет, Софийски университет „Св. Климент
Охридски“*

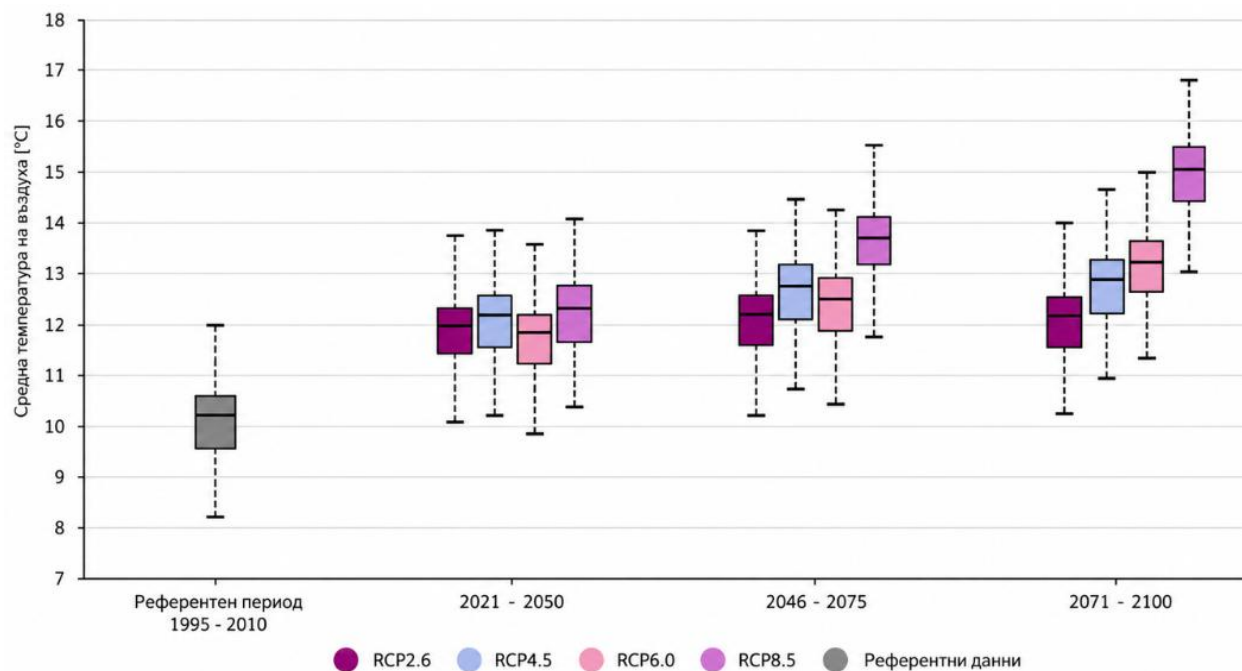
Климатичните промени вече се проявяват осезаемо в Европа, а Югоизточна Европа, включително България, като целият регион се определя като климатичен „hotspot“. ¹⁴² , ¹⁴³ В този контекст, урбанизираните територии са особено чувствителни към тези процеси, тъй като концентрацията на население, инфраструктура и икономическа активност води до повишена експозиция и потенциални щети от климатични екстремни събития. Допълнително, високата степен на пространствена концентрация на функции в градската среда усилва системния характер на риска, при който локални въздействия могат да имат широкообхватни последици. В този контекст българските градове функционират като сложни, динамизирани географски системи, в които взаимодействието между климатични фактори и урбанизационни процеси води до усилване на съществуващите рискове и формиране на нови форми на уязвимост. Характерни са силни обратни връзки, при които измененията в един компонент водят до каскадни ефекти върху инфраструктурата, екосистемите и социалната структура. Това

превръща градската среда в система с висока чувствителност към външни въздействия и ограничена способност за бързо възстановяване при екстремни събития.

Урбанизираните територии могат да се разглеждат като специфични климатични системи, в които естественият енергиен баланс е съществено трансформиран. Замяната на естествени повърхности с изкуствени материали води до повишена акумулация на топлина, намалено алbedo и ограничено изпарение.^{144,145} В резултат на това по-голяма част от наличната енергия се трансформира в чувствителен топлинен поток, което води до повишение на температурите. Геометрията на застрояването допълнително усилва този ефект чрез задържане на радиацията и ограничаване на въздушния обмен, което води до формиране на локални зони с интензивно натрупване на топлина.

В резултат се формира така нареченият **градски топлинен остров (УНІ)**, който представлява системна характеристика на урбанизираната среда. Той се проявява както като повърхностен, така и като атмосферен компонент, като първият се характеризира с висока пространствена вариабилност и силна зависимост от земното покритие. Това позволява неговото използване като индикатор за пространственото разпределение на топлинния риск и за идентифициране на критични зони в рамките на градската структура. **Анализът на климатичните проекции показва ясно изразена тенденция към повишаване на температурите, която засяга не само средните стойности, но и цялото разпределение на температурния режим** (Фигура 17). Наблюдава се системно изместване към по-високи стойности, съпроводено с увеличаване на честотата и интензивността на екстремите. Това показва преминаване към нов климатичен режим, при който екстремните събития се превръщат в структурен елемент на климатичната система, а не в изключение. В условията на градска среда този сигнал се усилва от ефекта на градския топлинен остров, което води до допълнително повишаване на топлинния риск.

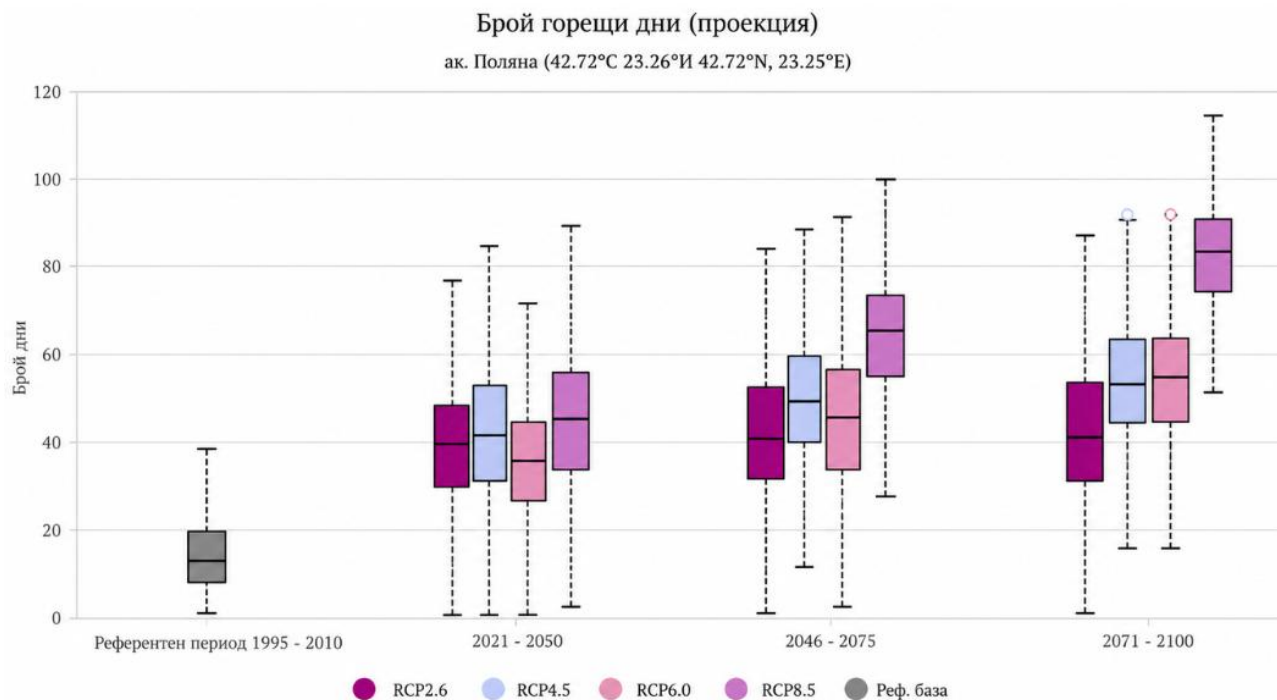
Фигура 17: Средни температури



Източник: Meteoblue, RCP сценарии.

Увеличаването на броя на горещите дни (Фигура 18) показва не само нарастване на честотата на екстремните температури, но и тенденция към тяхното групиране в продължителни периоди. Това усилва кумулативния ефект на топлинния стрес, който има нелинеен характер и води до значително повишаване на риска за здравето, енергийните системи и функционирането на градската инфраструктура.

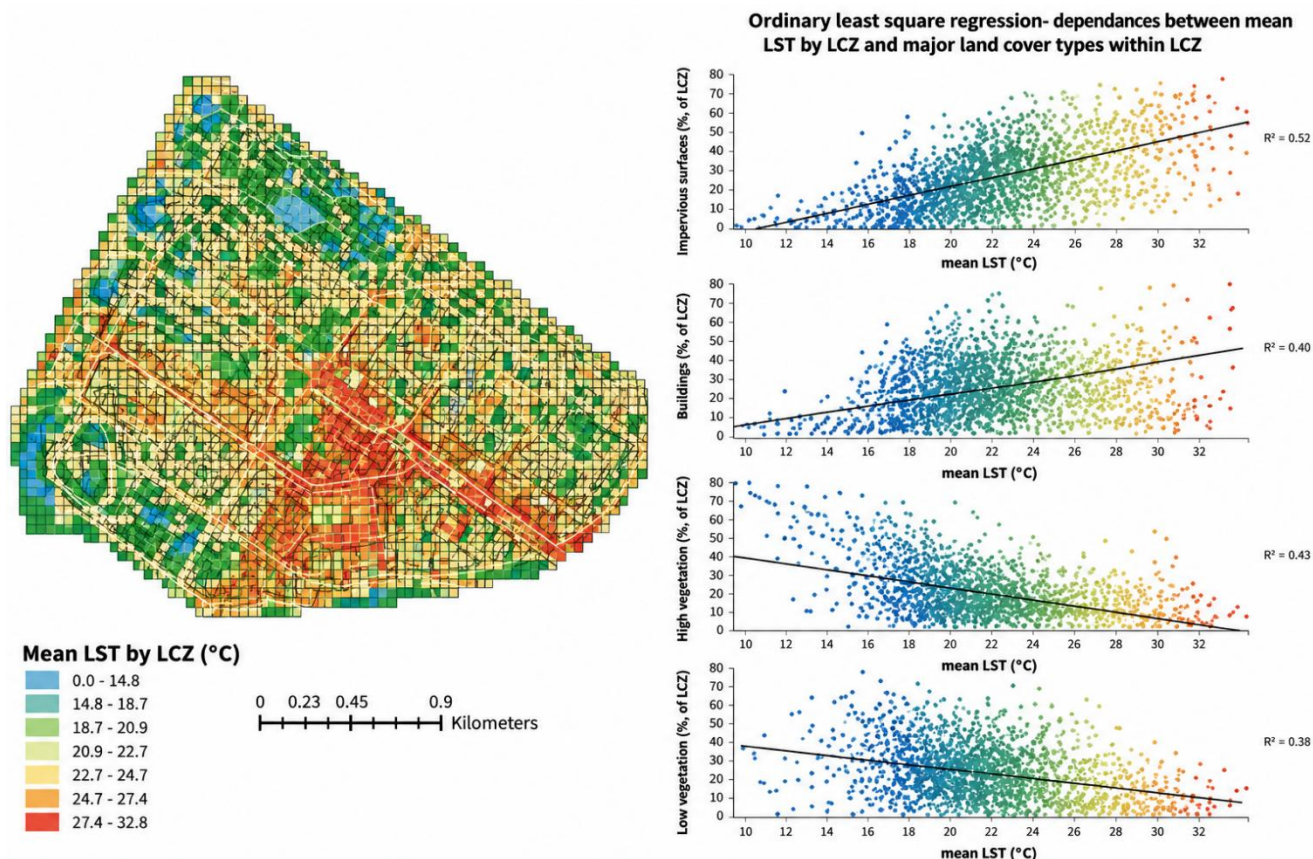
Фигура 18: Брой горещи дни (проекция)



Източник: Meteoblue, RCP сценарии

Сезонният анализ на температурния режим показва ясно удължаване на топлия сезон и изместване на температурния максимум към по-дълги периоди. Това води до натрупване на топлина в урбанизираната среда и ограничаване на възможностите за термично възстановяване. Особено съществен е ефектът на повишените нощни температури, които остават високи поради акумулираната през деня топлина и водят до т.нар. топлинна инерция, която има пряко отражение върху физиологичния стрес и качеството на живот в градската среда. Ключовият въпрос е свързан с начина, по който вътрешната структура на града модифицира този климатичен сигнал. Анализът на зависимостите между температурата на повърхността и типовете земно покритие по отделните локални климатични зони (LCZ¹⁴⁶) в най-големият жилищен район на София-Люлин (Фигура 19) показва ясна пространствена диференциация на температурния режим.

Фигура 19: Зависимости между типа на земното покритие и температурата на повърхността (LST) по локални климатични зони (LCZ) за жк. Люлин, София



Източник: съдържание на автора.

Непропускливите урбанизирани повърхности водят до значително повишение на температурите, докато растителността има ясно изразен охлаждащ ефект чрез изпарително охлаждане и засенчване. Това потвърждава, че градската структура играе ключова роля за пространственото разпределение на риска и функционира като усилвател или редуктор на климатичния сигнал.

Климатичните промени водят и до съществени изменения във водния цикъл, които в комбинация с урбанизацията създават нови рискове. Валежите представляват основният задвижващ фактор за формиране на тези процеси, но поради своя силно стохастичен характер и висока пространствено-времева вариабилност остават трудно предсказуеми, особено по отношение на екстремните събития. Това означава, че рискът не може да бъде оценяван единствено чрез детерминистични подходи, а изисква сценарийно и вероятно моделиране.

Увеличаването на интензивността на валежите, съчетано със запечатването на повърхността, води до бързо формиране на повърхностен отток и ограничен капацитет за инфилтрация. Това е особено критично в малки и стръмни водосбори, характерни за много урбанизирани територии, където времето за реакция е минимално и съществува висок риск от внезапни наводнения. Тези процеси често се подценяват, но представляват един от най-сериозните и нарастващи рискове за градската среда.

Ефективната адаптация изисква интегриран подход, който съчетава зелена и синя инфраструктура, пространствено планиране и съвременни геопространствени технологии. Те позволяват детайлен анализ, идентифициране на критични зони и разработване на пространствено насочени решения, базирани на логиката на геосистемите.

Съществено значение има и социалната уязвимост, като климатичният риск следва да се разглежда като функция на опасност, експозиция и уязвимост. Именно взаимодействието между тези компоненти определя реалното проявление на риска в урбанизираната среда.

Урбанизираните територии в България функционират като активен елемент на климатичната система, който не само отразява, но и усилва климатичните въздействия. Това налага преминаване към интегриран, пространствено ориентиран подход, при който управлението на риска се базира на разбирането за взаимодействието между климатичния сигнал, структурата на градската среда и нейната уязвимост.

3.4. КЛИМАТИЧНИ ВАРИАЦИИ НА ОПАСНИ БУРИ НАД БЪЛГАРИЯ

доц. д-р Лилия Бочева

Национален институт по метеорология и хидрология

Изменението на климата увеличава интензивността на екстремните метеорологични явления по целия свят, включително бурите. По-високите температури осигуряват повече енергия за подхранване на бурите, което ги прави по-мощни и по-малко предсказуеми. В резултат на това свързаните с бурите опасни метеорологични явления (ОМЯ), като интензивни и проливни валежи, гръмотевични бури, градушка, силни ветрове и внезапни наводнения, голяма част от които са следствие от развитие на мощна конвекция, стават все по-чести и интензивни в много части на света след началото на 90-те години на 20. век.¹⁴⁷

Според Световната метеорологична организация (СМО) 90% от природните бедствия се дължат на времето, климата и водата.¹⁴⁸ За Европа наводненията (38%) и бурите (32%) са най-често срещаните и са причина за значителна част от засегнатите хора и икономическите щети, като честотата на наводненията се е увеличила повече от два пъти между 2000 и 2019 г. Анализите на междуправителствената експертна група по климатичните промени (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) също показват нарастване на честотата и интензитета на гръмотевичните бури и потенциално опасните валежи за страните от Средиземноморието и Югоизточна Европа, докато дните със силен вятър намаляват.¹⁴⁹ Освен това симулациите за бъдещия климат на Европа при два сценария (RCP4.5 и RCP8.5) и според 14 регионални климатични модела¹⁵⁰ показват, че за централните и източните части на континента се очаква условията,

благоприятстващи развитието на силни конвективни бури, да се увеличат до края на 21 век.

През последните години се увеличава честотата на екстремните метеорологични и климатични явления в България.¹⁵¹ Особено в началото на настоящия век серия от бедствени ситуации, свързани главно с развитието на мощни конвективни бури, предизвикаха сериозни материални щети и човешки жертви в редица райони на страната. И през изминалата 2025 г. мощни бури с проливни валежи, силен вятър и градушки нанесоха огромни щети върху селскостопанска продукция, инфраструктура, жилищни и обществени сгради и доведоха до човешки жертви.¹⁵²

Методика на анализ

Предложеният материал за вариациите на конвективните бури в България представлява обобщение на вече публикувани изследвания, които се отнасят за различни периоди от време и са подчинени на различни изследователски цели. Това са публикации, осъществени в рамките на няколко проекта, докторска дисертация и за представяне пред международни научни форуми. Използваните в тях методи са различни, в зависимост от целите на изследването. Най-общо може да се каже, че те основно се базират на данни от измервания в станциите от метеорологичната мрежа на НИМХ, обикновено представителни за цялата територия на страната. Все пак използваните станции са между 42 и над 400 за различните публикации. Използвани са и пространствени данни от климатичната база данни на Коперник (Copernicus - програма на Европейския съюз за наблюдение и мониторинг на Земята). Използвани са SQL бази данни със специално създадени процедури; статистически методи и техники; изготвяни са пространствени ГИС – базирани карти на разпределение на различните явления; специално са разработвани скриптове в R – среда и т.н. Използваните методики и модели са добре обосновани и отговарят на най-добрите световни практики.

Изследването има няколко ограничения. Голяма част от изследваните опасни явления като валежите от град, поривите на вятъра и торнадото се характеризират с голяма изменчивост, дължаща се както на особеностите при формиране им, така и на ограничената информация в метеорологичните бази данни за тях. Конвенционалната мрежа от метеорологични станции не е подходяща за измерване на подобни твърде локални по време и място явления, тъй като много често те се случват в районите извън станциите и остават нерегистрирани. Затова в много от изследванията се използват данни и от други източници като

метеорологични спътници, застрахователни компании, полигони за борба с градушките, медии и данни от очевидци и др.

В България има добре изградена мрежа от радари, но те са към ИАБГ и Министерство на земеделието и работят само през топлото полугодие (април-септември) и метеорологичната информация от тях е тясно специализирана и ограничена. От друга страна, националната метеорологична служба не разполага с друга радарна информация.

За правилна оценка на риска от тези явления е необходимо създаването на обединена база данни за тях, съдържаща метеорологична информация, данни за щетите като площ и стойност, засегнато население и др., т.е. обединяване на информацията от различни министерства, институции и ведомства и регламентиране на този процес.

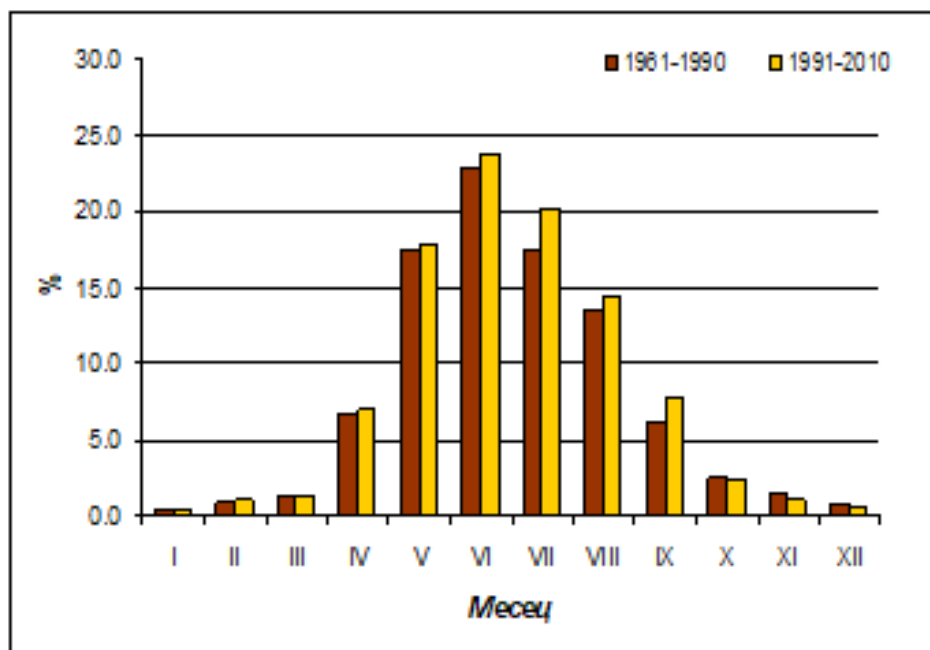
1. Опасни метеорологични явления, свързани с развитието на мощни бури в България

1.1. Гръмотевични бури

Въпреки относително голямата честота на гръмотевичните бури в България и силното им въздействие върху икономиката и обществото (те са и една от причините за възникване на горски и полски пожари през лятото, а според данни на Главна дирекция „Пожарна безопасност и защита на населението“ пострадали от мълнии в България, някои и фатално, средно на годишна база са 10–15 души) научните изследвания, свързани с разпределението и измененията на гръмотевичната дейност за цялата територия на страната, са относително малко. Повечето публикации са свързани с детайлно разглеждане на динамиката на бурята при отделни обстановки, довели до значителни материални щети и дори до човешки жертви. Изследват се различни аспекти от развитието на бурята, образуването на градови валежи, интензивност на процесите при земята и във височина, определяне на прагове на индекси на неустойчивост, оценка на щети¹⁵³ и др. Климатични оценки на пространствено-времените вариации на гръмотевичните бури в България през периода 1961–2010 г. са представени от Бочева и Маринова (2016).¹⁵⁴ В изследването са използвани визуални наблюдения на гръмотевични бури от 42 метеорологични станции на Националния институт по метеорология и хидрология (НИМХ) с надморска височина под 800 m, равномерно

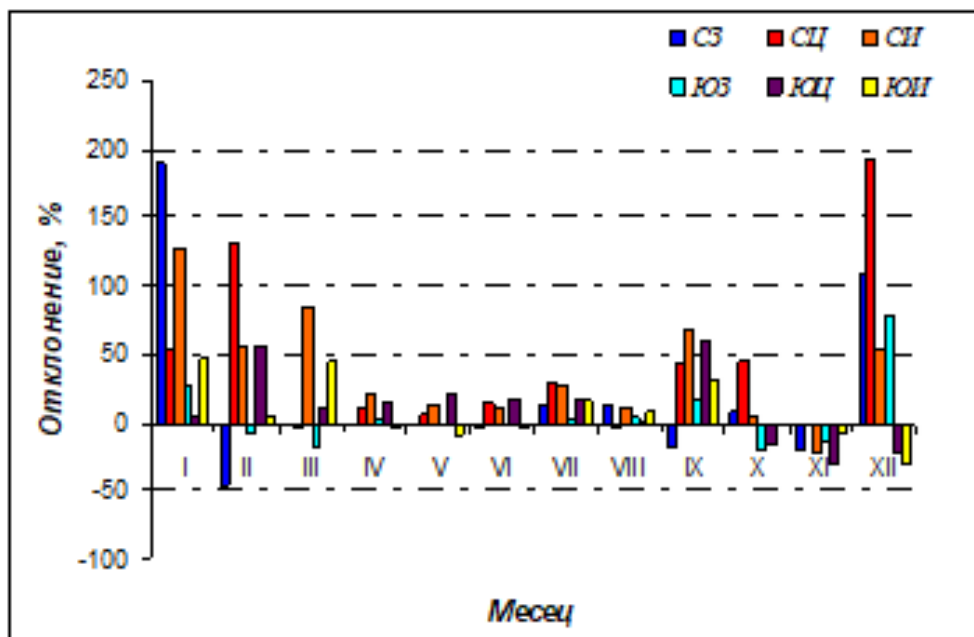
разпределени на територията на страната. Средногодишно в 1 станция се наблюдават около 30 дни с гръмотевична дейност, което съвпада с резултатите, получени за най-южните райони на Полша.¹⁵⁵ Най-много дни се наблюдават в западната планинска част на страната (средно над 35 дни за югозападните райони). На второ място се нареждат западната част на Дунавската равнина, Горнотракийската низина и Родопите (средно над 31 дни в 1 станция). Най-ниска е гръмотевичната активност в Североизточна България – около 23 дни. Честотата на гръмотевичните бури е сравнена за два периода (1961–1990, 1991–2010) и е получено увеличение на средния брой регистрирани дни с гръмотевични бури през втория период. Този ръст е статистически значим само в Североизточна България и частично в Южна България. Около 75% от всички дни с гръмотевични бури се наблюдават през топлото полугодие, между май и август (Фигура 20). Установено е значително увеличение на гръмотевичните бури във всички райони на Северна България през зимните месеци след 1991 г. (Фигура 21).

Фигура 20: Месечен ход на честотата (в %) на денонощията с гръмотевични бури за периодите 1961–1990 и 1991–2010 г.



Източник: Бочева и Маринова (2016).

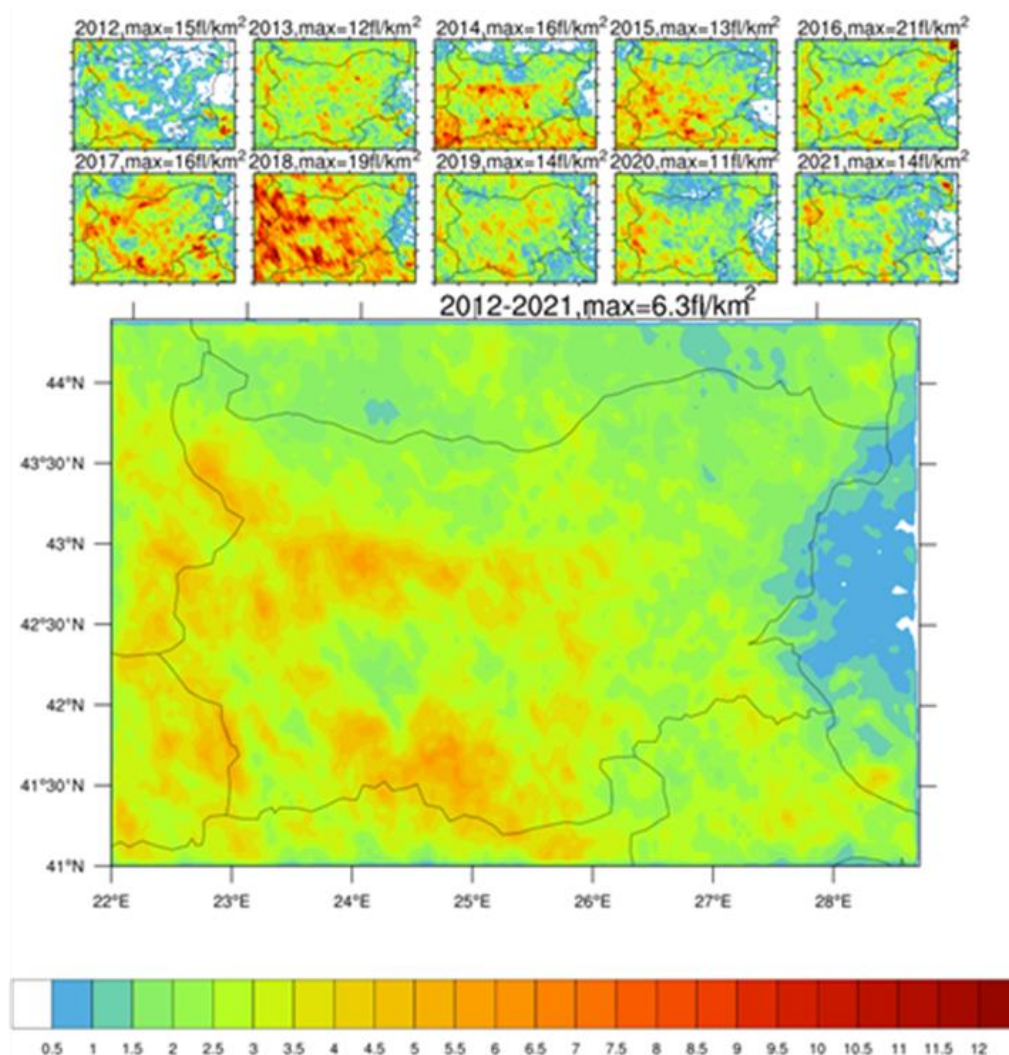
Фигура 21: Отклонение на средния брой дни през периода 1991–2010 г. спрямо 1961–1990 г.



Източник: Бочева и Маринова (2016).

Климатична оценка на базата на автоматични измервания представят Ценова и Господинов,¹⁵⁶ където мълниеносната активност над територията на България е оценена по данни от ATDnet¹⁵⁷ за 10-годишен период – между 2012 и 2021 г. Направена е оценка както на броя регистрирани мълнии, така и на броя на дните с поне една мълния. Фигура 22 показва годишното пространствено разпределение на плътността на мълниите. Повече от 95% от мълниите над България и около 65% от гръмотевичните бури са регистрирани през топлото полугодие (60% през юни и юли). Регистрираните мълнии и дни с гръмотевична дейност са по-чести над планинските райони и по-редки над морето. Нараства и броят на регистрираните мълнии с увеличаване на средната надморска височина на терена до 1800 m, последвано от леко намаление над тази височина. През студеното полугодие гръмотевичните бури се формират предимно над южната част на Родопите, над Северна Гърция и Турция, а през топлото полугодие – над планинските райони (главно в западната част на България).

Фигура 22: Годишно разпределение на плътността на мълниите (брой мълнии на km^2 годишно) според ATDnet за всяка година от периода 2012–2021 г. и осреднената годишна стойност за целия период



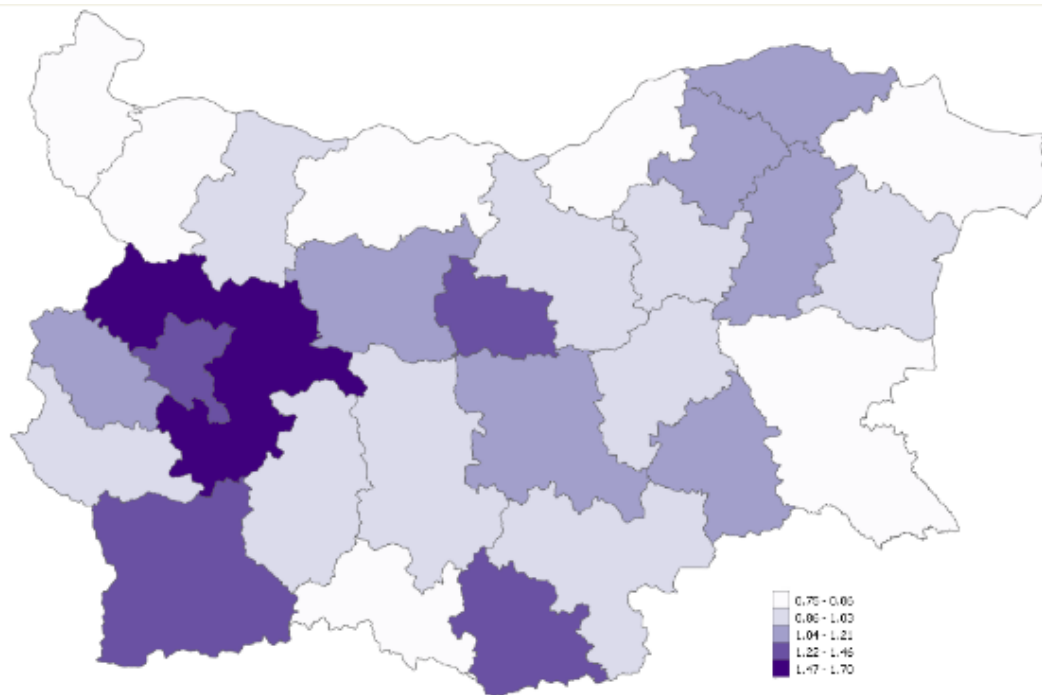
Източник: Ценова и Господинов (2022).¹⁵⁸

1.2. Валежи от град

Географското положение и сложната орография на България са основните предпоставки за това страната ни да е една от най-градобитните в Европа. Въз основа на данни от измерванията в метеорологичните станции на НИМХ е направен климатичен анализ на регистрираните валежи от град в България за периода 1961–2015 г., като данните са обобщени за всяка административна област в страната. Средногодишно в 1 станция с надморска височина до 800 м се наблюдават между 0.77 и 1.69 дни с градушка, докато за станциите с надморска височина над 800 м

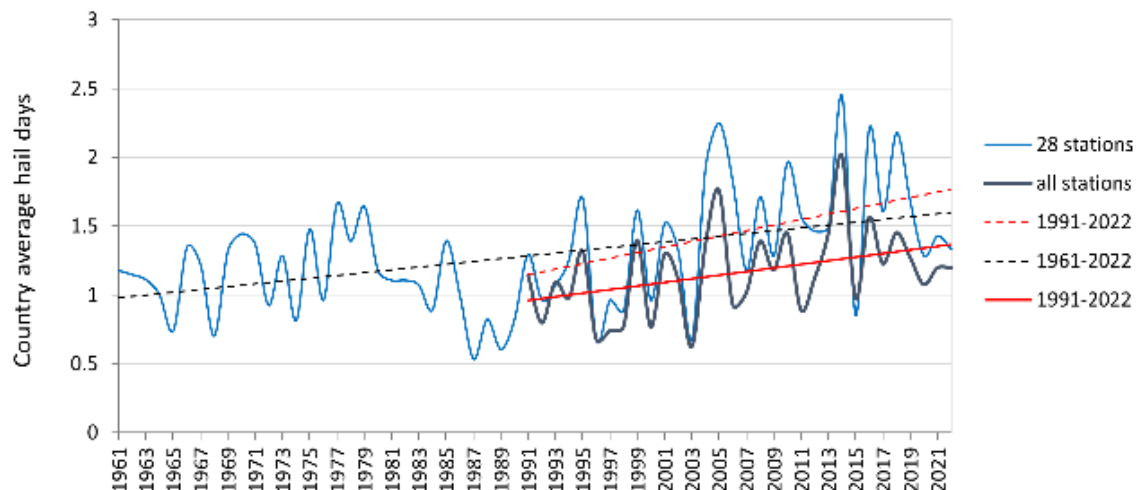
средногодишният брой на дните е между 1.69 и 4.34. Подобно на случаите с гръмотевични бури и при валежите от град се наблюдава добре изразена териториалност. Най-много дни с градушки в станции с надморска височина до 800 м са регистрирани в югозападната планинска част на страната, в това число и област София (средногодишно най-много в областите Благоевград и София-град – 1.69). На второ място се нареждат централните и североизточните части на Дунавската равнина, Горнотракийската низина и Родопите. Най-малко валежи от град са регистрирани по крайбрежието на Черно море, най-вече в Североизточна България, и в райони от Северозападна България – 0.77 дни средно за областите Монтана и Добрич например (Фигура 23¹⁵⁹). Изследвани са вариациите на валежите от град в страната за периода 1991–2022 г. за всички метеорологични станции на НИМХ, както и за по-дълъг период – 1961–2022 г., за 28 представителни за административните области станции.¹⁶⁰ Наблюдава се статистически значима положителна тенденция в средния годишен брой дни с градушки за страната и за двата периода: 1991–2022 (356 станции) и 1961–2022 (28 станции) – Фигура 24.

Фигура 23: Средногодишен брой дни с градушка за една станция в непланинските райони на всяка област в България, средно за периода 1961–2015 г.



Източник: Бочева (2018).

Фигура 24: Средногодишен брой дни с градушка за цялата страна за периода 1991-2022 г. (356 станции), както и за по-дълъг период (1961-2022 г.) за 28 представителни за всяка административна област станции



Източник: Бочева и съавт. (2024).

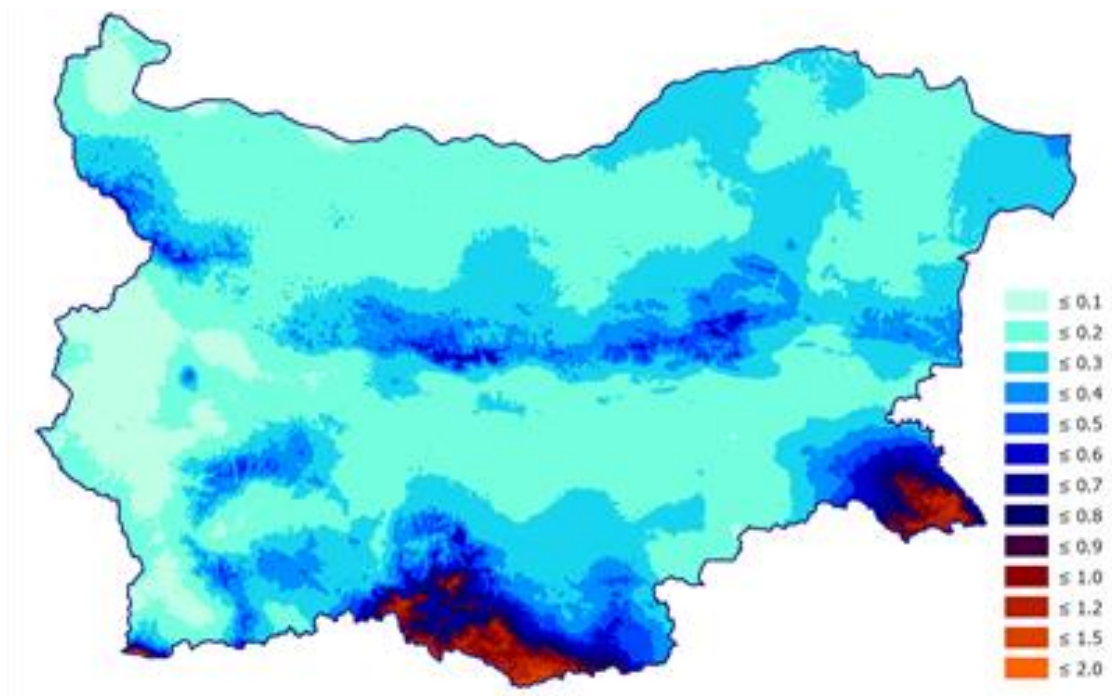
1.3. Екстремни валежи

През последните десетилетия в контекста на теорията за глобално затопляне на климата рязко се засили интересът към изменението на режима на валежите както на глобално, така и на регионално ниво. Редица изследвания¹⁶¹ сочат за повсеместно нарастване в интензивността и честотата на потенциално опасните валежи в средните ширини на Северното полукълбо – най-вече северно от 35° северна географска ширина. Подобни климатични тенденции от началото на 21 век доказват и изследванията за България.¹⁶² За България като екстремни, потенциално опасни валежи в тези разработки се вземат предвид измерени валежни количества от ≥ 60 мм/24 ч. или ≥ 100 мм/24 ч., като тези прагове са статистически обусловени от оценките на максималния годишен 24-часов валеж за всяка станция и съвпадат с прага за обявяване на червен код за прогнозиран опасни валежи за страната в системата на Meteoalarm. Над 80% от тези валежи са свързани и с развитие на мощни конвективни бури. Оценени са както дългопериодичните годишни и вътрегодишни тенденции на изменение на екстремните валежи, така и проявите на масови ОМЯ от този тип, засягащи 4 и повече области на страната¹⁶³, вероятността

на случване, регионализацията им¹⁶⁴, типизацията на свързаните с тях синоптични обстановки и др.

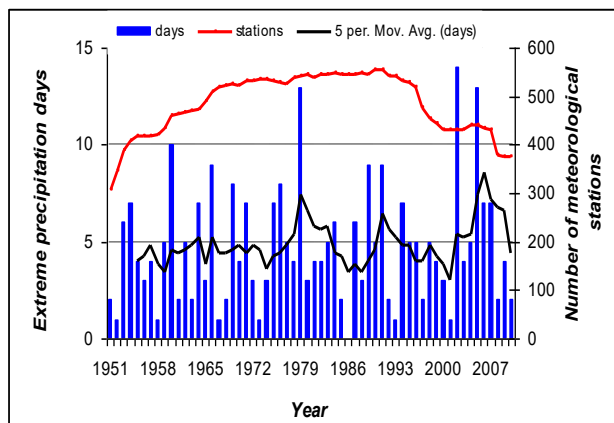
Добре очертани са районите с най-висока честота на екстремни валежи: Фигура 25 1) в Родопите и Странджа планина с над 2 дни годишно, като в най-южните части 24-часовият максимален валеж надхвърля 200 мм; 2) планинските райони (над 1000–1200 м надморска височина) и крайните райони на Североизточна България, близо до Черноморието, са добре очертани с годишна честота от 0.5 до 1 ден; 3) в останалите региони на страната честотата на изследваните събития е под 0.5 дни/година. Въпреки че няма ясно изразена тенденция за изменение на годишната сума на валежите в страната, в райони на Централна Южна България (най-вече Родопите) и в Североизточна България се установява статистически значимо нарастване на приноса на потенциално опасните валежи (≥ 60 мм/24 ч.) към годишната сума.¹⁶⁵ Установени са значителни промени в режима на годишния максимален 24-часов валеж, предимно в райони от Източните Родопи, Източната Горнотракийска низина и Североизточна България тенденцията е нарастваща, докато в отделни станции предимно в Югозападна България и във високите части на планините – намаляваща. След 1991 г. за Източна България и Черноморското крайбрежие има статистически значимо увеличение на средногодишния брой дни с екстремни валежи с около 60–75% (Фигура 26), като честотата им нараства в периода от май до ноември. Понастоящем е установено и значимо нарастване на броя дни с масови екстремни валежи в същия период.¹⁶⁶

Фигура 25: Пространствено разпределение на средногодишен брой дни с екстремни валежи в България за периода 1931–2019 г.

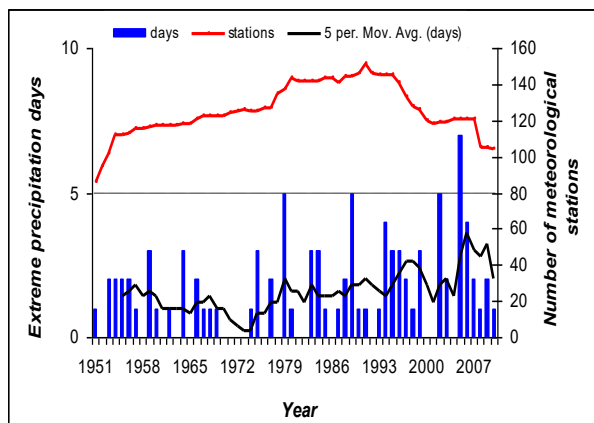


Източник: Бочева и Малчева (2020).

Фигура 26: Годишен брой дни с валеж ≥ 100 mm/24 h, сравнен с броя на метеорологичните станции за периода 1951–2010 г.



а) за всички станции в България



б) за станциите в Източна България

Източник: Бочева и съавт. (2014).

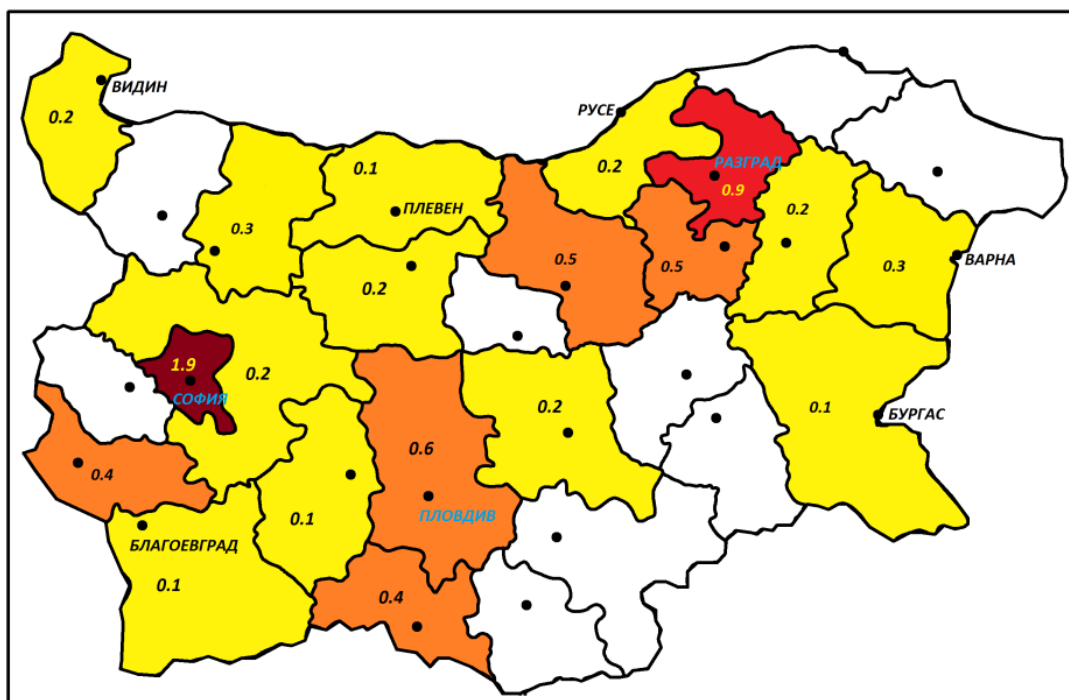
1.4. Мощни конвективни бури и силен вятър

Голяма част от потенциално опасните валежи често са свързани с развитието на мощни конвективни бури, които от своя страна са придружени и от гръмотевична дейност и/или пориви на силен вятър (със скорост ≥ 14 м/секунда). Комбинацията от подобни ОМЯ засилва риска от бедствия, водещи до значителни материални щети и човешки жертви. Комплексна оценка и за 20-годишен период по данни от метеорологичните измервания от 128 равномерно разположени по територията на страната станции е представена в докторската дисертация на Бочева.¹⁶⁷ Сезонното разпределение както на единичните случаи, така и на масовите мощни бури сочи, че за северната половина от страната дните с подобни ОМЯ са регистрирани главно през топлото полугодие, докато за районите от Южна България над 30% от тези случаи са през студеното полугодие. Изключение прави районът на Североизточна България, където около 23% от ветровите бури с опасни валежи са регистрирани през студеното полугодие, главно през октомври, декември и януари. Опасните валежи, придружени от гръмотевични бури и силни ветрове, очаквано са сравнително редки явления за повечето райони. Все пак за тези от Източна и Южна Централна България те представляват над 10% от изследваните случаи, като множеството от тях са регистрирани през периода август-ноември.

Анализ на други ветрови бури от конвективен произход с оценка на термодинамични характеристики, възникване и развитие, синоптичен анализ, последици и др. са представени в редица разработки през годините.¹⁶⁸ Климатични анализи на доказани случаи на торнадо в България са представени на конференции главно в изследвания на Симеонов и Бочева през последните години.¹⁶⁹ Сравнени са времево-пространствените характеристики, термодинамични индекси и честота на торнадата в България с тези в съседни страни. Те възникват главно в планинските части на страната, но не са изключени и над равнините. Най-често торнада са регистрирани в югозападните, североизточните и централните райони на страната. Получените средни честоти на единица площ на явлението са съизмерими със стойностите за съседни и близки на България региони от Европа (Фигура 27). Същите изводи могат да се направят и за изчислените термодинамични характеристики на торнадата в България през периода 2001–2016 г. Месечното им разпределение сочи, че 93% от всички случаи са през топлото полугодие (април-септември). **За нашата страна се потвърждава тенденцията за увеличаване на броя на слабите торнада, която през последните 20 години е**

типична за регионалните бази данни както на Европа, така и на САЩ. След 2003 г. в България са регистрирани и 5 случая на торнадо през студеното полугодие. Това може да е следствие както от наблюдаваното повишение на зимните температури, така и от бурното развитие на електрониката и комуникациите, причина за по-често документиране на торнада през последните години. **Всички случаи на „зимно“ торнадо са свързани с развитието на нетипични за сезона синоптични обстановки, следствие от мощна конвекция.**

Фигура 27: Средна годишна честота на регистрираните случаи на торнадо в България за периода 2001–2016 г.



Източник: Бочева, Л., & Симеонов, П. (2016).

1.5. Климатични проекции за опасни явления

Изследвани са промените в честотата на интензивните конвективни валежи и екстремния вятър за територията на България¹⁷⁰ и Балканския полуостров¹⁷¹ за два бъдещи периода (2021–2050 и 2071–2099 г.) при два климатични сценария (RCP4.5 и RCP8.5). За тази цел е използван регионалният климатичен модел RegCM4 (с хоризонтална резолюция от 20 км), а промяната в броя на случаите на интензивни

конвективни валежи и екстремен вятър се определя, като се използват приетите прагове за България по кодовете на Meteoalarm. Най-големите промени в броя на случаите на екстремни конвективни валежи се очакват по Черноморското крайбрежие, в Рило-Родопския регион и Стара планина, като увеличението на броя на случаите не изключва намалението на общото количество на валежите в тези райони. Анализът по сезони показва увеличение на екстремните валежи през есента по Черноморието с 20–30 случая за периода 2021–2050 г. и с 30–40 случая за периода 2071–2099 г. В планинските райони екстремните валежи намаляват през пролетта и лятото с 10–20 случая за 30 години. По отношение на екстремния вятър най-голямо нарастване в броя на екстремните събития се предвижда в Северна и Югозападна България и крайбрежните райони. При същото моделиране, но с по-висока резолюция при земята (1 км), прогнозираните промени в моделите на валежите¹⁷² предполагат нарастване на честотата на проливните валежи през пролетта и на случаите със силен вятър до края на 21 век. През зимата се очаква значително увеличение на обилните валежи с 30–35% над България, което ще доведе до по-интензивни валежни събития.

Изводи

Климатичните анализи на гръмотевични бури, градушки, проливни валежи, силен вятър и други явления, свързани с развитието на мощни конвективни бури в България, показват добре изразена тенденция към нарастване на честотата и интензивността им, особено от началото на 21 век. За някои райони на страната (най-често района на Родопите и тези в близост до Черно море) тези тенденции са статистически значими. В условията на променящ се климат се очаква още по-отчетливо нарастване на честотата и екстремността на опасните метеорологични явления през следващите десетилетия. Климатичните сценарии за района на България предвиждат най-големите промени в броя на случаите на екстремни конвективни валежи да са в крайбрежните и планинските райони, като увеличението на случаите не изключва намалението на общото количество на валежите в тези райони.

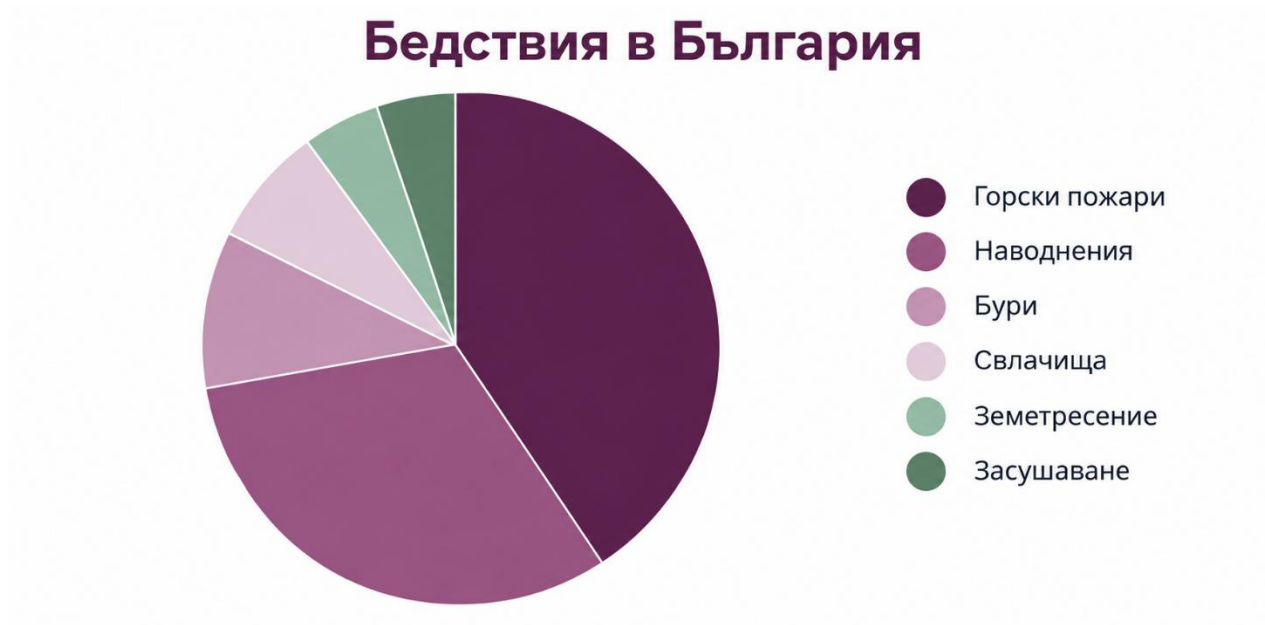
3.5. АНАЛИЗ НА РИСКА ОТ ГОРСКИ ПОЖАРИ И ТЯХНОТО ВЪЗДЕЙСТВИЕ ВЪРХУ ОКОЛНАТА СРЕДА

проф. д-р инж. Росица Величкова

Енергомашиностроителен факултет, Технически Университет – София

Горските пожари представляват едно от най-значимите природни бедствия в България както по честота, така и по въздействие върху околната среда. Поради това тяхното изследване и оценката на последствията, включително отделянето на въглероден диоксид, имат важно значение за опазването на природните ресурси и за ограничаване на негативните ефекти върху климата. На Фигура 28 е показано съотношението на основните бедствия на територията на България.

Фигура 28: Причини за възникване на пожари и последствията от тях



Източник: съдържание на автора.

Причините за горските пожари могат да бъдат различни. Те биват предизвикани от 1) атмосферни фактори като мълнии, високи температури, ниска влажност на въздуха или силен вятър; 2) климатични фактор като намаляване на валежите и повишаване на средната температура; 3) горивни фактори като голямо количество суха растителност; 4) горивни фактори като натрупана суха дървесина и 5) причини, свързани с релефа като планински терени и склонове (Фигура 29).

Фигура 29: Природни причини за горските пожари



Източник: съдържание на автора.

Антропогенни са тези причини за пожарите, които са свързани дейността на човека. Те включват действия, извършени при небрежност (напр. изхвърлена тлееща цигара), умишлено подпалване, икономическа дейност, използването на транспортни средства и електрически аварии.

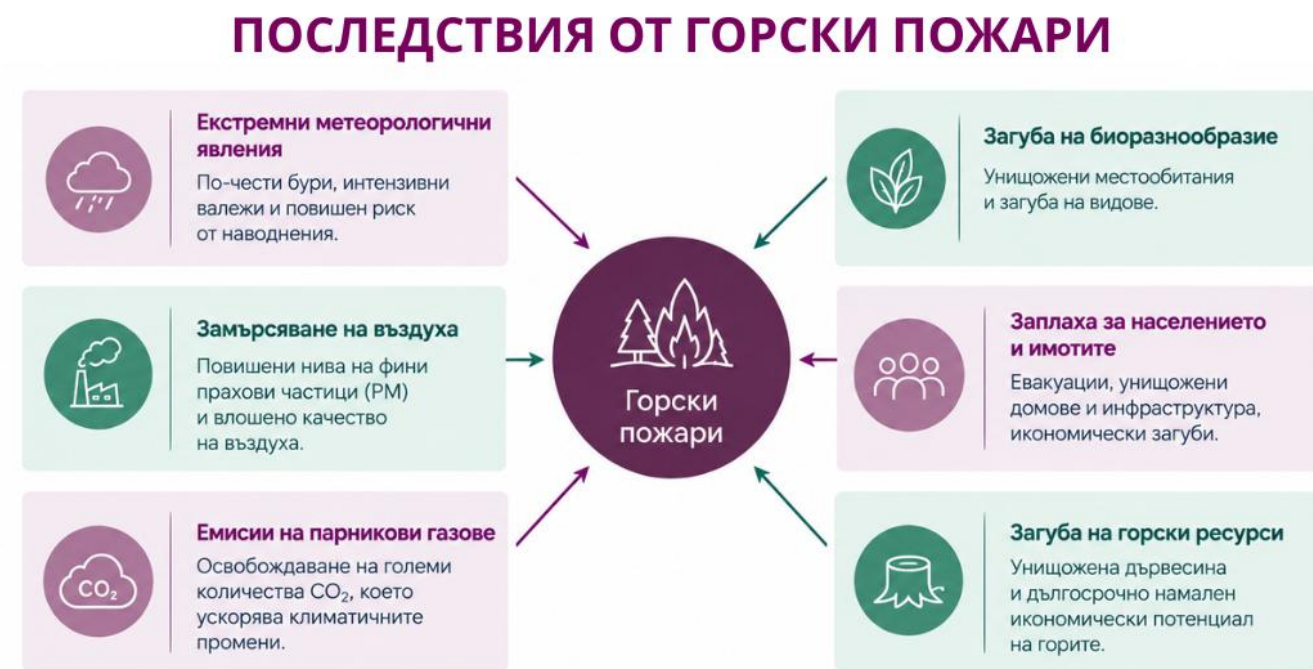
Фигура 30: Антропогенни причини за горските пожари



Източник: съдържание на автора.

Последиците от горските пожари също са многобройни. Те включват наводнения, замърсяване на въздуха, заплаха за населението, загуба на биоразнообразие и горски ресурси, както и увеличаване на засушаването в дългосрочен план.

Фигура 31: Последствия от горски пожари

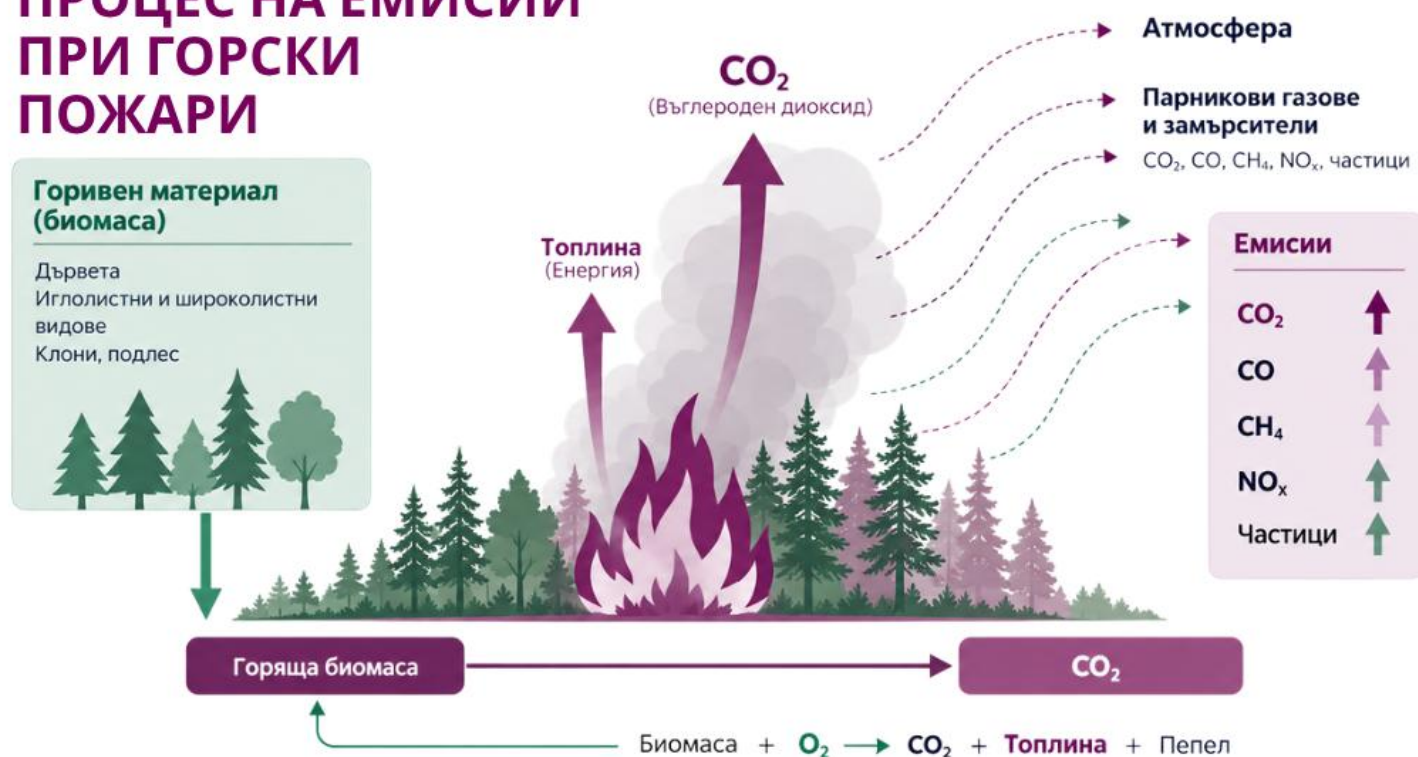


Източник: съдържание на автора.

Статистическите наблюдения показват, че в повечето горски екосистеми низовите пожари са значително по-чести от върховите. В умерения климатичен пояс, включително и в България, приблизително **70–80% от всички горски пожари са низови, докато 20–30% преминават във върхови пожари**. Въпреки че върховите пожари са по-редки, те причиняват най-големи щети, тъй като изгарят цялата надземна биомаса и водят до значително отделяне на топлинна енергия и въглероден диоксид. (Фигура 32).

Фигура 32: Отделяни газове при горски пожари

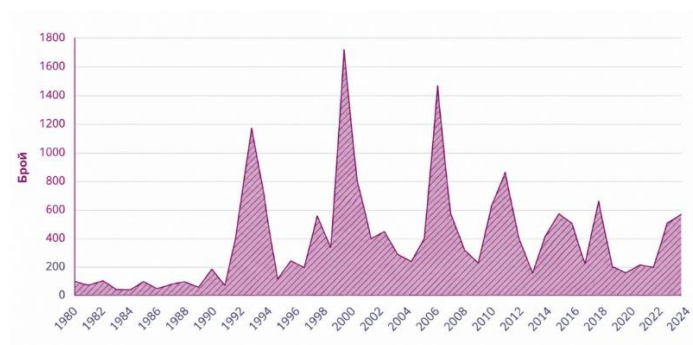
ПРОЦЕС НА ЕМИСИИ ПРИ ГОРСКИ ПОЖАРИ



Източник: съдържание на автора.

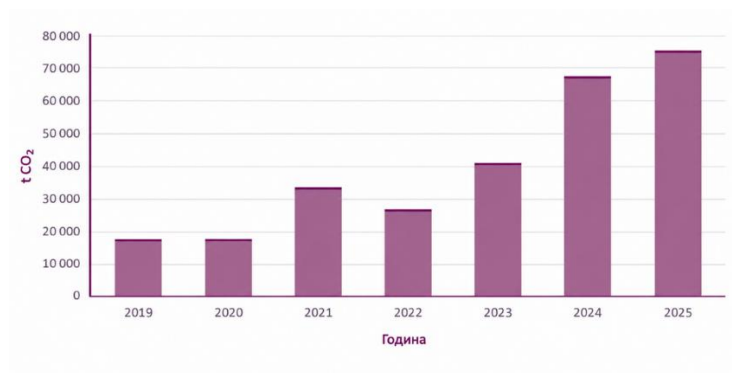
На Фигура 33 е представено броя на пожарите в България за периода 1980-2025 г. , на Фигура 34 е показано пресметнатото количество въглероден диоксид вследствие на изгорените площи от пожарите.

Фигура 33: Брой на пожарите в България за периода 1980-2025 г.



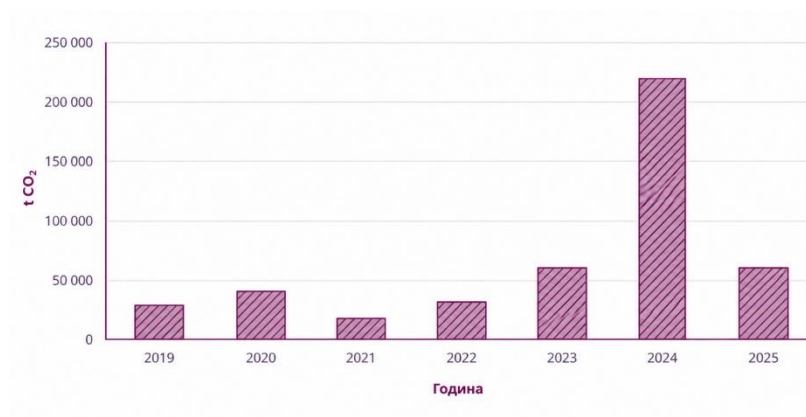
Източник: съдържание на автора.

Фигура 34: Количество отделен въглероден диоксид от иглолистни гори



Източник: съдържание на автора.

Фигура 35: Количество отделен въглероден диоксид от широколистни гори



Източник: съдържание на автора.

На Фигура 34 и Фигура 35 са представени емисиите отделен въглероден диоксид за периода 2019-2025 г. Пресмятанията са направени по отделно за изгорените площи от иглолистни и широколистни гори.

Сравнението между двете фигури показва, че иглолистните гори обикновено отделят по-голямо количество CO_2 при пожар, което се дължи на по-високата топлотворна способност и по-голямото количество горивна маса. В същото време при широколистните гори се наблюдават по-големи колебания, което означава, че количеството емисии зависи в по-голяма степен от площта на пожара.

Обобщено може да се заключи, че между броя на пожарите и количеството отделен въглероден диоксид съществува ясна зависимост, но тя не е напълно линейна. Освен честотата на пожарите, съществено значение имат тяхната площ, интензивност и видът на горската растителност. Получените резултати показват, че през последните десетилетия се наблюдава тенденция към увеличаване на пожарната активност и към по-голямо отделяне на въглероден диоксид, което има важно значение за въглеродния баланс на горските екосистеми и за процесите на климатични промени.

Обобщено може да се заключи, че количеството отделен въглероден диоксид при горски пожари зависи както от броя и площта на пожарите, така и от вида на горската растителност. Иглолистните гори имат по-голям потенциал за отделяне на въглероден диоксид, докато широколистните могат да доведат до високи емисии при големи пожари. Получените резултати показват тенденция към увеличаване на въглеродните емисии през последните години, което потвърждава нарастващото влияние на горските пожари върху околната среда и върху въглеродния баланс.

4. ВЪЗДЕЙСТВИЕ ВЪРХУ СЕЛСКОТО СТОПАНСТВО И ПРОИЗВОДСТВОТО НА ХРАНИ

гл. ас. д-р Румяна Георгиева

Катедра Растениевъдство, Аграрен университет - Пловдив

Основно предизвикателство пред съвременното земеделие са климатичните промени, които засягат устойчивото производство на храни в много аспекти. Селекцията се стреми да търси подходи за намаляване на отрицателния ефект от промените в климата и постигане на устойчив производствен процес. Най-често промените се проявяват в абиотичен стрес, почвена ерозия, загуба на биоразнообразие и намалена продуктивност. В климатично отношение България попада в зоната на нестабилна влажност.¹⁷³

Средногодишното количество на валежите е 550-600 мм, но количествата са неравномерно разпределени и недостатъчни, особено през критичните фази от развитието на земеделските култури.¹⁷⁴ Установени са тенденции към затопляне и продължителни периоди на засушаване, които изменят агроклиматичните ресурси на територията на страната. Това създава предпоставка за колебания, редуциране и компрометиране на добивите през годините.¹⁷⁵ Дигитализацията навлиза все по-широко в земеделието, като помага да се проследява реакцията на културите към климатичните промени, да се вземат навременни мерки и да се идентифицират по-бързо сортове, устойчиви на стрес.

1. Проучвания свързани с изменения на добивите при основни зърнено-житни култури

Съвременните изследвания са насочени към прецизно и пълноценно използване на ресурсите, опазване на почвите, водите и биоразнообразието. Прогнозните модели са ключов инструмент спомагащ за адаптирането на селскостопанските култури и за тяхното ефективно управление. Използван е симулационния модел, за определяне изменението на добивите през следващите 30 години, основан на характеристиките на растеж на 60 от настоящите сортове зимна пшеница, за метеорологични условия, моделирани от симулацията на времето с ALADIN Climate.¹⁷⁶ Проучването показва, че в северната част на страната добивите са много тясно свързани с общото количество валежи от сеитба до пълно узряване, а температурната сума почти не влияе върху формирането на добивите. В южната част на страната зависимостта между добива и количеството валежи от засяване до узряване е по-силно изразена.

Симулационният модел прогнозира увеличаване на периодите на засушаване, като се очаква броят на дните със суша след 2037 г. да се увеличи от 50-60 на 70-80 и повече.¹⁷⁷ Според прогнозния модел настоящите сортове зимна пшеница ще запазят своя потенциален добив, но реалните добиви ще бъдат силно засегнати от продължителността на без валежните периоди.¹⁷⁸ През години и на места, където сушата продължава до 20-30 дни, продуктивността на всички сортове остава близка до потенциалната или равна на нея. Във всички изследвани случаи, когато продължителността на периода на суша надвишава 40-50 дни, добивите силно намаляват. **Сушата ще бъде по-продължителна след 2037 г. в Южна България, и регионите, които ще са най-силно засегнати са Пловдив, Ямбол, Сандански и Русе.**¹⁷⁹ Продуктивността на сортовете зимна пшеница, отглеждани при контрастни условия на средата е проучена в условията на Северна и Южна България.¹⁸⁰ Устойчивостта на суша е определена чрез анализ на корелациите между добива на зърно и неговите компоненти и чрез изчисляване на селекционни индекси. Установена е висока положителна корелация между добива на зърно и неговите екологични компоненти, което създава предпоставка за вариране в стойностите на показателя в зависимост от условията на годината.

В периода 2018-2020 г. в района на Добруджа се провежда мащабно проучване с 20 сорта пшеница и се установява, че в резултат на неблагоприятните условия на годината намалява не само продуктивността, но и се удължава продължителността

на вегетационния период.¹⁸¹ Комбинацията от почвена влажност под критичния минимум и повтарящи се пролетни слани са сред основните фактори за по-ниска производителност. В резултат на оскъдните валежи растенията не могат да натрупат достатъчно биомаса, а продължителните периоди на засушаване са причина за загуба на братя. Анализът на вариация показва, че климатичните условия на средата имат значителен дял в общата изменчивост и вариране на добива на зърно, процента на продуктивна братимост, масата на 1000 семена и хектолитровото тегло.^{182,183} Установени са и взаимодействия генотип x околна среда.

Промените на околната среда предизвикват различни реакции у земеделските култури, което позволява групирането им според тяхната екологична пластичност и стабилност. Реални промени в метеорологичните условия през различните сезони са отлична предпоставка за успешния избор на подходяща комбинация от висока производителност, качество на зърното и висока устойчивост на суша.¹⁸⁴ В последните години изследванията показват, че факторите на околната среда (в това число и климата) оказват влияние върху добива и неговата стабилност при основни зърнено-житни култури.^{185,186,187,188,189,190,191,192,193,194,195,196,197,198}

Фигура 36: Среден добив на основни зърнено-житни култури за тригодишния период



Източник: съдържание на автора.

Годишният доклад за състоянието и развитието на земеделието на МЗХ показва, че площите с царевица намаляват средно с до 6% всяка година, а в следствие на продължителните периоди на засушаване съчетани с ниски температури добивите

през 2024 г. са намалели с 29% сравнено с предходния период. При ечемика е установена тенденция към увеличаване на площите, поради прогресивното и стабилно увеличаване на добивите на годишна база. За разлика от пшеница и ръж, които са типични култури на умерения климат, при ечемикът има сортове, които понасят пролетна сеитба и това позволява по-голяма гъвкавост на производствения процес.

2. Проучвания свързани с изменения на добивите при основни етерично-маслени култури

Добивите на цвят и качество на етеричното масло се влияят от сорта, но и от условията на средата. Редица изследвания потвърждават, че по-нисък добив на масло и по-ниски качествени показатели при лавандула са докладвани през години с обилни валежи през периода на цъфтеж.^{199,200,201} При мечо ухо недостатъчното количество валежи през вегетационния период е причината за по-слабото развитие на растенията, изразяващо се в по-ниска височина, по-нисък добив на свежи съцветия, както и по-ниска реколта на етерично масло.²⁰² Изследване установява, че въпреки високата продуктивност на мента, добивите се влияят в най-голяма степен от промените в климатичните условия, което позволява да се заключи, че културата не притежава стабилност по отношение на добива.²⁰³ При кориандъра се забелязва обратна тенденция и макар и продуктивността да е сравнително ниска, стойностите се запазват стабилни през годините.^{204, 205} Взимайки предвид реакцията на културата към контрастните климатични условия маслодайната роза се отличава с най-голяма стабилност на добива.^{206, 207} Тази стабилност може да се обясни с традициите и големият селекционен опит в розопроизводството.

3. Ефект от климатичните промени върху качествени показатели на зърното

Хлебопекарните качества при българските сортове пшеница са много високи, което се потвърждава от съотношението между глиadini и глутенини.²⁰⁸ През някои от годините изследваните генотипи показват колебания в качествените показатели, което се дължи на специфичната генотипна реакция към различните агрометеорологични условия на стопанската година. При зърнено-житните растения продуктивността и качеството са генетично определени, но могат да се влияят от прилаганата агротехника, климатичните условия на годината и агроекологични условия на района.^{209,210,211} По-високите температури и по-малкото количество на валежите способства за натрупване на повече суров протеин в

зърното.²¹² В последните години се изпитват сортове с висок генетичен потенциал относно тяхната стабилност, качество и продуктивност.^{213,214,215,216,217}

4. Тенденции и изводи

Промените в климата налагат адекватна и своевременна реакция изискваща някои промени в агротехнически аспект. За да може да се улесни адаптирането на земеделските култури към по-продължителните периоди на суша съчетани с по-високи среднодневни температури е нужно да се изместят датите на сеитба. Това би способствало за развитие при по-благоприятни условия, които ще позволят да се оптимизира продължителността на вегетационния период.

Многогодишните проучвания свързани с екологичната пластичност и стабилност на добива на българската селекция трябва да се използват като основа за изготвяне на ново райониране с включване и на алтернативни култури като сорго например, които са по-устойчиви на неблагоприятни условия на средата. **В районите най-засегнати от промените в климата трябва да има по-голяма диверсификация в производството и да се използват култури и хибриди с различна продължителност на вегетационния период с фокус върху ранното и средно-ранно производството, за да могат да се избегнат загуби породени от неблагоприятни агрометеорологични условия.**²¹⁸ Възприемането на нови регенеративни подходи и практики ще спомогне да се намалят разходите и да се постигне устойчивост на процеса.²¹⁹ , ²²⁰ Актуален акцент на съвременния земеделски отрасъл са дигиталните технологии, който предоставят възможност за оптимизиране и прецизност на агротехническите мероприятия.²²¹ Съобразеното с нуждите на растението подхранване в необходимите количества в точното време спомага за формиране на здрав и силен посев, който е устойчив към неблагоприятни условия на средата.

Българското земеделие се развива при динамични агрометеорологични условия. През последните години климатът на страната се характеризира с дефицит на атмосферна и почвена влага в активния период на вегетация и формиране на добива.²²² Увеличаването на ефективността на използване на ресурсите е от съществено значение както за увеличаване и осигуряване на продоволствената сигурност в дългосрочен план, така и за подпомагане на смекчаването на изменението на климата. За да може земеделски сектор да се справи с предизвикателства породени от продоволствена несигурност и промени в климата, е необходимо съгласувано и координирано участие и действие на всички заинтересовани страни в дългосрочен план.

5. ВЪЗДЕЙСТВИЕ ВЪРХУ БИОРАЗНООБРАЗИЕТО И ЕКОСИСТЕМИТЕ

проф. д-р Павел Зехтинджиев

Институт по биоразнообразие и екосистемни изследвания, Българска академия на науките

Настоящият раздел представя синтез на промените в горския фонд на България въз основа на данните CORINE Land Cover и индикаторите на Европейската агенция по околна среда. Страната преминава през две противоположни тенденции – естествено залесяване на изоставени земи и същевременно деградация на местообитанията заради зачестилите пожари, абиотичен стрес и фрагментация, съпроводени от изместване на ареалите на ключови видове, промени в миграционните цикли и заплахи от инвазивни патогени. Изводите подчертават нуждата от интегрирани политики за адаптация, насочени към запазване на екологичната свързаност и генетичния фонд.

България притежава един от най-значимите горски ресурси в Европа, обхващащ около 37% от територията на страната. Тези екосистеми са дом на над 80% от сухоземното биоразнообразие и предоставят критични екосистемни услуги. В контекста на Европейската стратегия за биологично разнообразие 2030, разбирането на динамиката на местообитанията у нас изисква интеграция на пространствени данни и полеви изследвания, за да се проследят промените в здравето и структурата на горите, както и адаптивните стратегии на фауната

1. Пространствен анализ и промени в местообитанията (CORINE & EEA)

Анализът на данните от CORINE Land Cover (2000–2024 г.) разкрива специфична за България тенденция: преход на пасища към широколистни гори чрез вторична сукцесия върху изоставени земи. Това води до „фиктивно“ увеличение на формално отчетни за гори територии. Тези територии макар формално да се отчитат за гора не изпълняват екологичните функции на гори в екосистемите.

- **Фрагментация:** Въпреки номиналното увеличение на площите, се наблюдава сериозна фрагментация в низинните и крайречните гори поради разширяване на инфраструктурата.
- **Статус на „Натура 2000“:** Над 60% от горските местообитания в мрежата са в „неблагоприятно-незадоволително“ състояние поради промени в хидрологията и интензивно ползване.
- **Полезащитни пояси:** В Североизточна България тези линии от дървета са критични, но деградират поради изсъхване в резултата на затоплящия се климат и засушаването, което влошава защитната им функция.
- **Промени в земеделските култури:** Влошените добиви от традиционите за страната култури водят последици за цели райони след промяна на техниката и сеитбооборота използван от земеделските стопани. Тези промени драстично променят силно модифицираните от химизация селскостопански агроценози.

2. Пожари и тяхното въздействие върху биоразнообразието

Горските пожари стават все по-интензивни, като Южна България (Родопите и Сакар) попада в зона на най-висок риск според EFFIS.

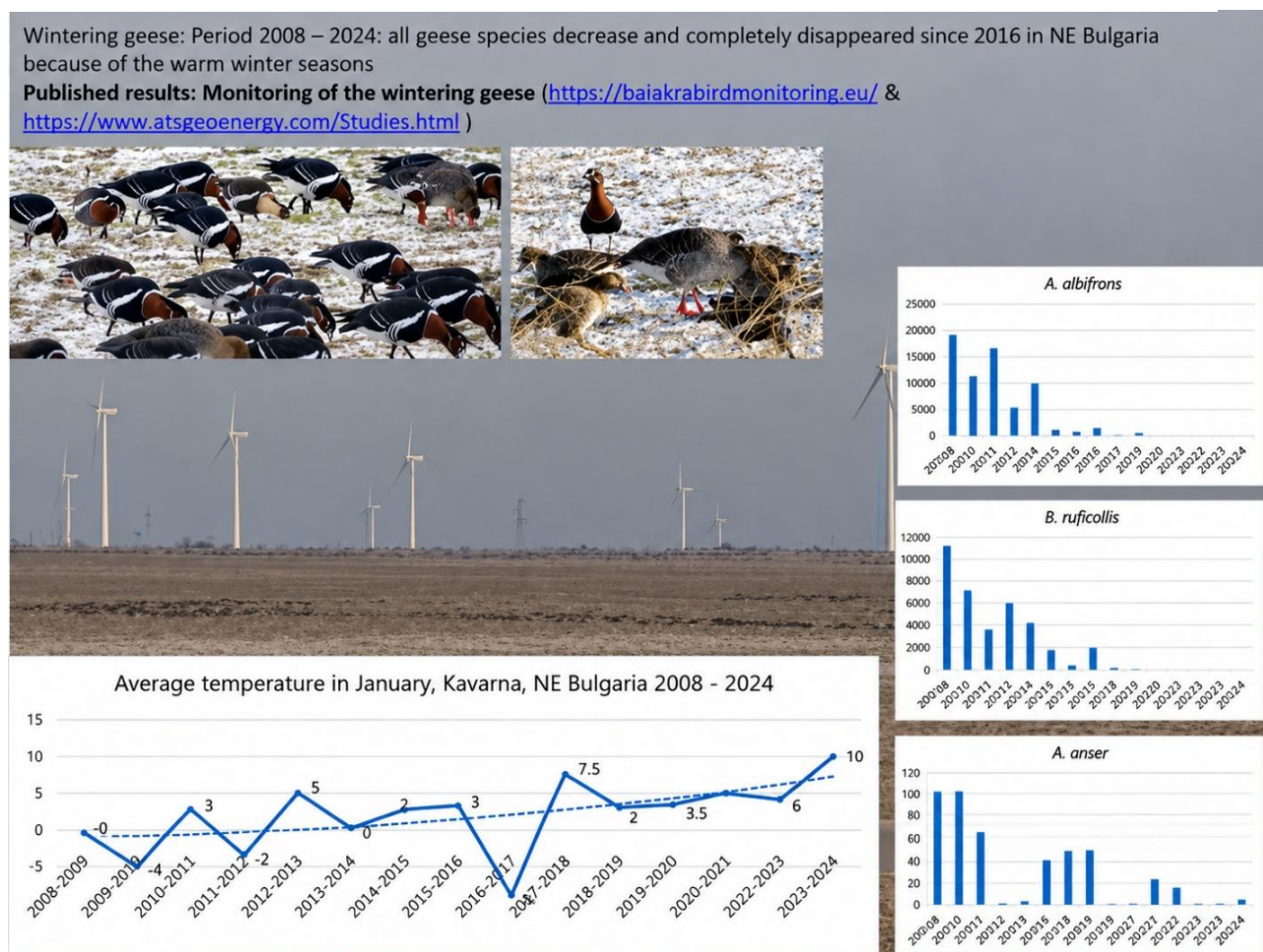
- **Херпетофауна:** Пожарите в Кресненското дефиле и Сакар водят до масова смъртност при сухоземните костенурки (*Testudo graeca* и *Testudo hermanni*), чиито популации се възстановяват с десетилетия.
- **Гнездящи птици:** Зачестяването на летните пожари унищожава цели поколения горски птици по време на размножителния им период.

3. Динамика в сроковете на миграция и изчезване на зимуващи видове от екосистемите в България

Климатичните промени пренастройват биологичните граници в България.

- **Вертикално изместване:** Букът (*Fagus sylvatica*) и елата (*Abies borisii-regis*), както и дивата коза (*Rupicapra rupicapra*), мигрират към по-високи части на планините.
- **Зимуващи птици и гъски:** България е ключова за зимуването на червеногушата гъска (*Branta ruficollis*). Затоплянето води до „северно изместване“ на зимните им квартири. Вече над 10 години този вид практически не се среща в нашата природа въпреки огромния ресурс от обществени средства за опазването му в България.

Фигура 37: Корелация на изчезване на видовете зимуващи гъски в резултат на затоплящите се и безснежни зими в България



Източник: съдържание на автора.

- **Фенология:** Наблюденията в Североизточна България често определяна като важен миграционен регион за Щъркели и Пеликани сочат промени в стратегията на

мигриращите реещи се птици. Липсата на повърхностни води и затоплената в по-висока степен земна повърхност водят до трайно увеличение на височината на полет и увеличение на транзитно прелитаните разстояния. В резултата голяма част от този регион остава практически без традиционните ята от щъркели през есенния миграционен сезон. Тези драстични промени имат последствия върху целите екосистеми на голяма част от Североизточната част на България.

- В Странджа дъбовете се разлистват със 7-10 дни по-рано, което създава дисбаланс с циклите на насекомите и мигриращите птици по Виа Понтика.

4. Инвазивни видове и патогени: рискове за здравето на популациите диви животни и човека

Затоплянето на климата създава по-благоприятни условия за навлизането и установяването на чужди за българската природа видове и патогени, а темповете на разпространение на инвазивни организми в страната са се увеличили трикратно. Тази динамика застрашава едновременно дивите видове, домашните животни и общественото здраве – от вредители по горските дървесни видове до нови патогени, пренасяни от птици и кръвосмучещи насекоми.

Фигура 38: Изследванията на ИБЕИ – БАН в областта на маларията и птиците сочат че над 300 опасни за животинските видове в България и човека могат да се появят в резултата на затоплянето на климата



Източник: ИБЕИ – БАН.

Темповете на разпространение на инвазивни организми са се увеличили трикратно. В таблица 4 са обобщени видовете и засегнатите райони и въздействие.

Таблица 4: Обобщена информация за разпространенето на инвазивни организми в България.

Група	Вид / Патоген	Засегнати райони / Въздействие
Растения/Насекоми	Кестенов молец (<i>Cameraria ohridella</i>)	Цялата страна; дефлоация на дивия кестен.
Растения	Халароза по ясена (<i>Hymenoscyphus fraxineus</i>)	Източна/Северна БГ; изсъхване на ясените пояси.
Бозайници	Енотовидно куче / Чакал	Конкуренция с местни видове; натиск върху сърната.
Патогени (Животни)	Африканска чума по свинете (АЧС)	Драстичен спад на дивата свиня; промяна на хранителната база за едри хищници.
Патогени (Птици)	Западнонилска треска / H5N1	Засяга популациите в горските и влажните зони.
Патогени (Птици)	Малария и сходни с маларията кръвни паразити	Засяга всички мигриращи и зимуващи в Африка популации на видове от България. Разпространението на нови видове патогенни кръвни паразити водят до смъртност в

естествените природни популации на видовете птици.		
Опасности за човешкото здраве и стопанския живот	Патогени пренасяни от птиците (вируси, бактерии и паразити)	Нови неизвестни към момента патогени навлизат чрез видове птици от Африка. Затоплящия се климат позволява развитието на тези патогени както и векторите кръвосмучещи насекоми и кърлежи. Новите патогени не срещат адекватен имунен отговор с което водят до опасни зоонози сред домашните животни и застрашават здравето на хората.

Източник: ИБЕИ – БАН.

5. Основни изводи

Климатичният стрес ускорява разпространението на нови патогени сред флората и фауната. Естествената защита на местните видове към тези патогени закъснява поради по-бързите темпове на затопляне. Последствията за популациите на видовете в природата стават силно негативни и трудно предсказуеми.

Българските гори се намират в период на трансформация, при която пространствената стабилност не означава екологично здраве. Интегрирането на данни от CORINE с прецизен мониторинг на здравето на горите и поведението на фауната е задължително за защитата на уникалния ни природен капитал. Климатичните промени водят до глобални промени в ареалите на видовете гръбначни животни и техните паразити. Промените на екосистемно ниво са заплаха както за стопанския живот на хората така и директно за здравето.

6. Методологични бележки

Синтезът се основава на преглед на годишните доклади на ИАОС, данни от националната горска инвентаризация, сателитни изображения от Copernicus и зоологични методи (мониторинг чрез фотокапани и МОР). Важно е да се отбележи, че липсва на единна база данни за горски патогени в реално време; недостатъчни изследвания върху влиянието на фрагментацията върху малките бозайници и

прилепите. Бъдещите изследвания следва да се фокусират върху моделиране на адаптационния потенциал при различни климатични сценарии (RCP 4.5 и 8.5) и изграждане на мрежа от автоматични акустични сензори.

6. РЕГИОНАЛЕН ФОКУС: СТАТИСТИЧЕСКИ АНАЛИЗ НА КЛИМАТИЧНАТА И АГРАРНАТА УЯЗВИМОСТ НА ДОБРУЖА ВЪЗ ОСНОВА НА СЪЩЕСТВУВАЩИ НАБОРИ ОТ ДАННИ

Николай Йорданов

*Докторант, Институт по биоразнообразие и екосистемни изследвания,
Българска академия на науките*

1. Добруджа в контекста на климатичните промени

Регионът Добруджа, традиционно определян като „житницата на България“, заема ключово стратегическо място в националната продоволствена сигурност и аграрния износ. Благодарение на изключително плодородните черноземни почви, регионът дълго време поддържа високоинтензивно конвенционално земеделие. В условията на засилващи се глобални климатични промени обаче Добруджа се очертава като една от най-уязвимите земеделски зони в Югоизточна Европа.

Настоящата глава синтезира високорезолуционни климатични набори от данни и регионална аграрна статистика, за да оцени количествено системното въздействие на климатичния стрес върху селскостопанската продуктивност. Анализът надхвърля описателните климатологични наблюдения и прилага строги

статистически модели за изолиране на конкретните механизми на уязвимост, с фокус върху промените в режима на валежите, температурните екстремуми и произтичащите дефицити на почвена влага, които застрашават добивите и естествените екологични буфери на региона.

2. Методология и източници на данни

Анализът съчетава два основни набора от данни: климатични променливи (температура, валежи, почвена влажност) от реанализа ERA5-Land за периода 2000–2024 г., и официална статистика за добивите в област Добрич за 2010–2024 г. от бюлетините на Министерството на земеделието и храните. По-краткият период за добивите е избран умишлено, за да отрази съвременните сортове и агротехнологии – така климатът остава водещият обясняващ фактор за колебанията в добивите.

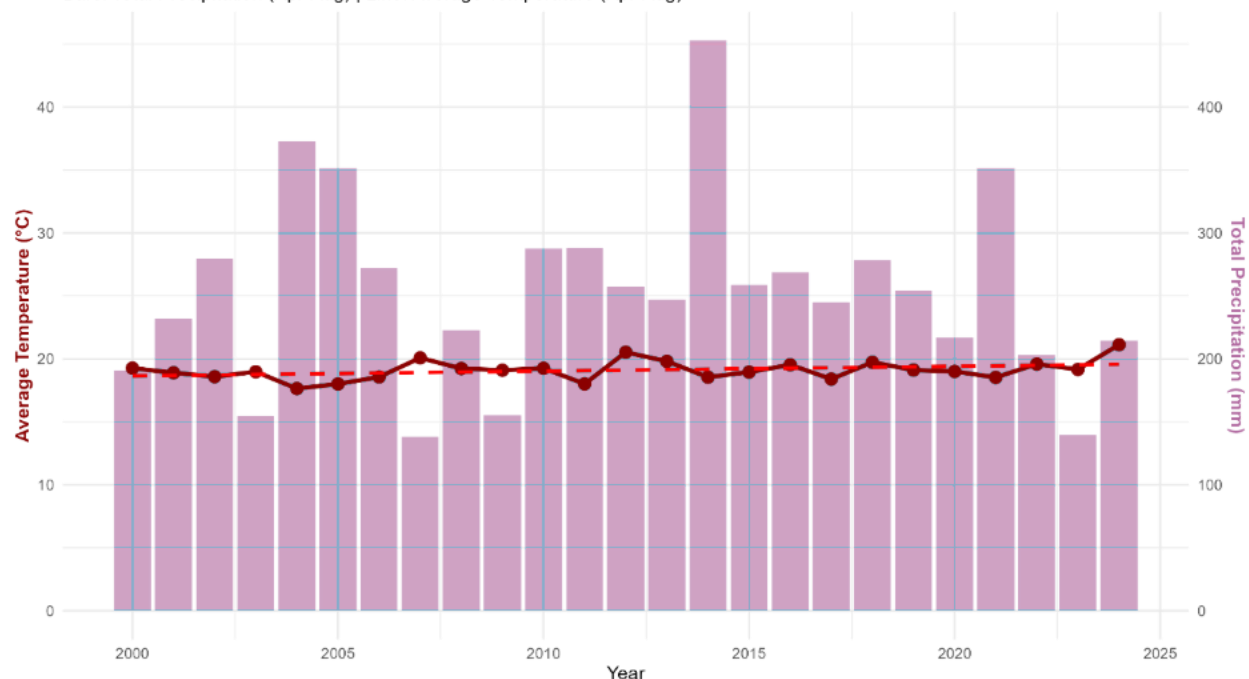
3. Климатични промени

Анализът на ERA5-Land разкрива съществени климатични промени в Добруджа през последните две десетилетия. Трендовият анализ (тест на Ман-Кендал, $p = 0,18$) за ключовия вегетационен период април–август показва, че регионът не следва проста линейна траектория на затопляне, а се характеризира с рязко нарастване на междугодишната вариабилност. Основната уязвимост на земеделието произтича именно от тази непредсказуемост, проявяваща се чрез по-чести остри локални аномалии, при които екстремни горещи вълни съвпадат с продължителни сухи периоди.

Фигура 39: Климатични тенденции през пролетно-летния период в Добруджа (2000–2024). Двусната диаграма илюстрира екстремната междугодишна вариабилност през критичния вегетационен период (април–август).

Dobrudzha: Spring/Summer Climate Trends (2000-2024)

Bars: Total Precipitation (Apr-Aug) | Line: Average Temperature (Apr-Aug)



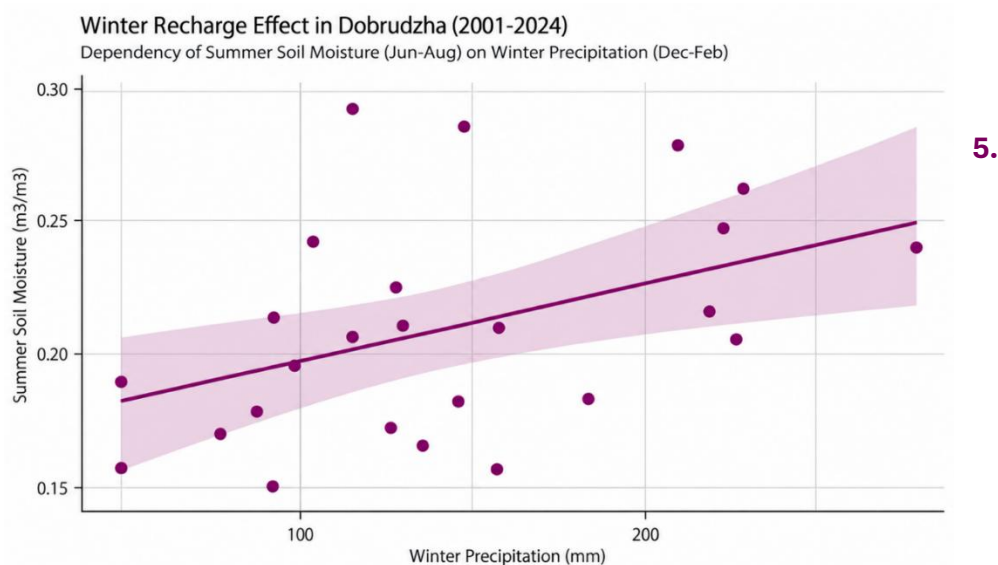
Източник: ERA5-Land.

Въпреки че годишните суми на валежите не показват катастрофален дългосрочен спад, тяхното вътрешногодишно разпределение става все по-хаотично. Валежите през пролетно-летните месеци често падат под физиологичните прагове, необходими за оптималното развитие на културите. Допълнително, летните нива на почвена влажност са силно зависими от акумулацията на валежи през зимата което е, емпирично потвърдено в настоящото изследване. Корелационният анализ на Пиърсън между зимните валежи (декември–февруари) и обемната влажност на повърхностния почвен слой през лятото (юни–август) показва значима положителна зависимост ($r = 0,45$; $p = 0,024$). Този измерим „лаг-ефект“ демонстрира, че намаляването на снежната покривка и устойчивите зимни валежи сериозно ограничава способността на почвата да поддържа адекватни нива на влага през пиковите летни горещини, което свидетелства за деградация на хидроложкия буфер в региона.

4. Механизъм на зимното „зареждане“

Анализът на данните от ERA5-Land ²²³ , ²²⁴ показва съществена промяна в регионалния хидроложки цикъл. Макар дългосрочните годишни суми на валежите да остават относително стабилни, тяхното вътрешногодишно разпределение става все по-неравномерно и трудно предсказуемо. Ключов резултат от настоящото изследване е статистическото потвърждение на механизма на т.нар. „зимно зареждане“. Корелационният анализ на Пиърсън ($r = 0,55$; $p = 0,024$) показва значима положителна зависимост между кумулативните зимни валежи (декември–февруари) и задържането на влага в повърхностния почвен слой през последващите пикови летни месеци (юни–август). Този измерим „лаг-ефект“ ясно демонстрира, че намаляващата честота на стабилна снежна покривка и продължителни зимни валежи директно отслабва способността на почвата да функционира като хидроложки буфер срещу летните горещини, което води до хроничен воден стрес по време на репродуктивните фази на пролетните култури.

Фигура 40: Ефект на зимното „зареждане“ върху лятната почвена влажност (2001–2024). Диаграмата на разсейване и линейната регресия показват статистически значима положителна корелация между зимните валежи (декември–февруари) и задържането на влага в повърхностния

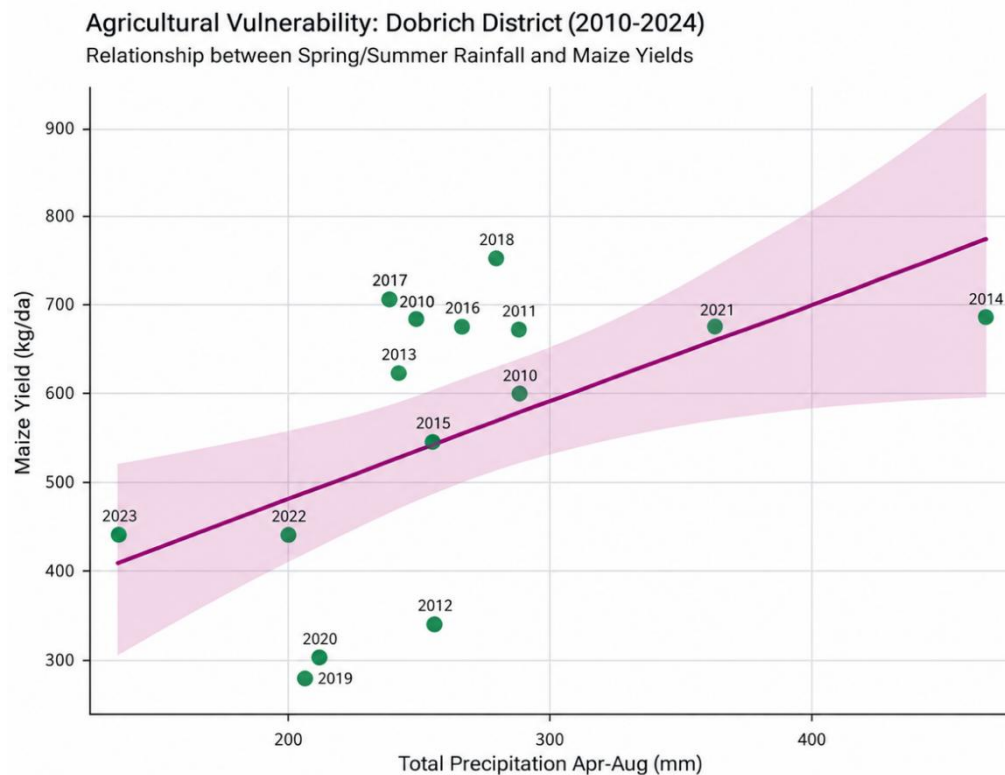


Източник на данни: ERA5-Land.

5. Емпирични доказателства за аграрна уязвимост

Идентифицираните климатични аномалии корелират силно с официалните данни за добивите, разкривайки системна уязвимост на конвенционалния земеделски модел. За периода 2010–2024 г. анализът на Пиърсън установява значима положителна връзка между валежите през април–август и добивите от царевица ($r = 0,55$; $p = 0,03$). Тази зависимост ясно се проявява в екстремните години 2020 и 2024. През 2020 г. тежка суша води до спад на добивите от пшеница и царевица съответно до 178 kg/дка и 255 kg/дка. През 2024 г., въпреки високия добив от зимна пшеница (652 kg/дка) вследствие на ранна влага, добивът от царевица се срива до 221 kg/дка - приблизително 70% под оптималния потенциал, поради екстремни летни горещини и дефицит на влага.

Фигура 41: Аграрна уязвимост в Добруджа (2010–2024). Регресионният модел показва силна положителна зависимост между кумулативните пролетно-летни валежи и добивите от царевица в област Добрич.



Източници: съдържание на автора, на базата на данни от Министерството на земеделието и храните – агροстатистика²²⁵; ERA5-Land.

Множественият линеен регресионен анализ идентифицира температурата като критичен негативен множител ($p = 0,026$), като моделът показва, че при увеличение

на средната пролетно-лятна температура с 1°C добивите от царевица намаляват приблизително със 100 kg/дка. Този термичен стрес, в комбинация с нарастваща икономическа нестабилност, се отразява в високия коефициент на вариация (CV) при пролетните култури. Докато зимната пшеница показва умерена вариабилност (22,39%), царевицата достига екстремна стойност (34,54%), което я класифицира като високорискова култура при текущите климатични траектории.

6. Заключение и стратегически препоръки за политики

Синтезът на високорезолуционни климатични данни и регионална аграрна статистика емпирично потвърждава, че уязвимостта на земеделието в Добруджа се определя от комбинация от сезонни дефицити на влага, термичен стрес и отслабен механизъм на зимно „зареждане“. За ограничаване на тези рискове и съответствие с националните и европейските стратегии за адаптация и въглеродна неутралност е необходим многостранен институционален подход, интегриращ екосистемно възстановяване, устойчиво земеделие и енергиен преход.

На първо място е наложителна мащабна рехабилитация на зелената инфраструктура. Системното възстановяване и разширяване на историческата мрежа от полезащитни горски пояси е ключово за ограничаване на ветровата ерозия, понижаване на повърхностните температури чрез микроклиматичен буфер и намаляване на изпарението от почвата. Тези биологични бариери представляват първа линия на защита за черноземните почви срещу зачестяващите екстремни метеорологични събития.

На второ място, националните политики следва да осигурят стабилна институционална подкрепа за преход към консервационно земеделие. Въвеждането на минимални обработки (no-till или strip-till) е от съществено значение за запазване на органичния въглерод в почвата и за системно увеличаване на нейната водозадържаща способност, което повишава устойчивостта на културите към сезонни суши.

Над управлението на земите, Добруджа притежава стратегическо предимство за декарбонизацията на България поради изключителния си потенциал за възобновяема енергия. Като регион с най-висок ветрови потенциал в страната, насърчаването на вятърната енергия предлага директен път за намаляване на въглеродния отпечатък на местната икономика. Интеграцията на фотоволтаични системи може допълнително да осигури децентрализиран и чист енергиен източник за селскостопанските дейности.

За да се запази основната аграрна функция на региона, енергийните трансформации следва да се ръководят от принципа на агрофотоволтаична и агроенергийна синергия. Това гарантира, че възобновяемите инсталации не изместват висококачествени обработваеми земи, а ги допълват чрез частично засенчване за определени култури или чрез стабилни допълнителни приходи за стопанствата. Чрез диверсификация на регионалната икономическа база и едновременно опазване на хидроложката и въглеродната цялост на почвите, Добруджа може да премине от зона на климатична уязвимост към модел за устойчиво, въглеродно неутрално регионално развитие.

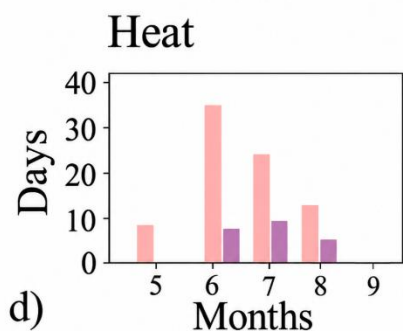
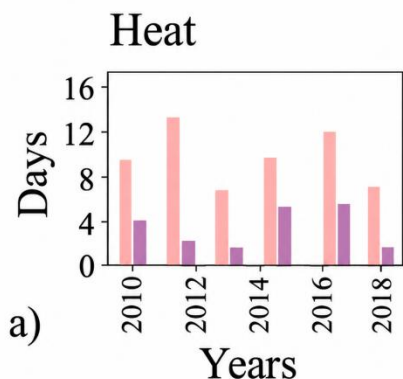
7. ВЪЗДЕЙСТВИЕ ВЪРХУ ЧОВЕШКОТО ЗДРАВЕ

гл. ас. д-р Зорница Спасова

Национален център по общественото здраве и анализи

Темата за влиянието на горещото време върху общественото здраве в България привлича все по-голям научен интерес през последните години. Информация за честотата на опасните за здравето горещи вълни в София може да се намери в публикацията на Цалова и съавт. (2024), които анализират издаваните от НИМХ предупреждения за горещо време по системата Meteoalarm за периода от май до септември на годините от 2010 до 2019 г. За този период е имало общо 243 дни с предупреждения, които включват освен горещина, гръмотевични бури и интензивни дъждове. Месечният максимум на горещината от 42 дни е през юли, с 34 жълти и 8 оранжеви предупреждения. На второ място по брой предупреждения за горещи вълни месец е август, на трето място е юни. Особено се открояват годините 2012 г. и 2017 г., с по-голям от средния брой издадени жълти и значителен брой оранжеви кодове за предупреждение за жеги.

Особено се откроява по честота, продължителност и интензивност на горещите вълни рекордно топлото лято на 2024 г. Смъртността при горещо време в България е изследвана в



Фигура 42: Издадени от НИМХ кодове по системата Метеоаларм с предупреждения за високи температури за периода 2010-2019 г. и по месеци (Цалова и съавт. 2024).

мащабно европейско проучване, чиито данни се публикуват ежегодно от няколко години от Института по глобално здраве в Барселона. За 2022 г. Балестер и съавт. (2023)²²⁶ определят България като една от най-уязвимите държави в Европа към смъртност, свързана с жегата, с 1277 смъртни случая (176 на милион).

Данните показват 56% по-висока смъртност сред жените и тежки последици за населението над 80 г., което поставя региона сред най-рисковите райони в Европа. Изследване на Гало и съавт. (2024)²²⁷ сочи, че България е сред най-тежко засегнатите страни в Европа от горещините през лятото на 2023 г., с 1670 смъртни случая. Страната е с висока смъртност (229 на милион жители, второ място в Европа по интензитет на смъртност), засягаща непропорционално жените и хората над 80 г., поради ограничена адаптация към екстремните температури. Още по-стряскащи са данните за екстремно горещото лято на 2024 г., белязано с продължителни и интензивни горещи вълни, причинили смъртта на 3414 души, което прави лятото на тази година рекордно смъртоносно за България.

Изводите на авторите са, че причинената от климатичните промени жегата, съчетана със застаряващото население, заплашва да превърне страната в основна гореща точка с висока смъртност в Европа до края на века. Прогнозите сочат, че смъртността, свързана с жегата, може да се увеличи значително, с потенциал за трикратно увеличение в Южна и Източна Европа, включително България, при сценарии на силно затопляне.

Докладът „The 2025 Lancet Countdown“ за България посочва, че смъртността, свързана с горещини при хора над 65 г. в страната и региона се е увеличила с над 150% спрямо 1990–2000 г.²²⁸ Комбинацията от екстремни горещини и мръсен

въздух (ФПЧ2.5 и озон) създава токсичен коктейл, увеличаващ смъртността от сърдечно-съдови и белодробни заболявания. България е изложена на висок риск поради застаряващо население, енергийна бедност и повишен капацитет за разпространение на преносими болести.

Въпреки че столицата София географски не е посочвана в литературата като район, традиционно засяган от горещи вълни, ефектът на топлия остров, ниската климатизация и многобройното население я правят уязвима. Проучване на Коменко и съавт. (2025)²²⁹ отчита, че лятното прегриване в София (което е със средна интензивност от 2.5°C над фоновите температури) е пряко отговорно за 95 допълнителни смъртни случая на сезон. **Този риск е силно изострен от дефицита на растителност: 77% от жителите нямат адекватен достъп до зелени площи, а по показателя за дървесно покритие (делът на терена, зает от корони на дървета) София едва надхвърля 10%, въпреки разпространеното впечатление за „зелен град“.** Според СЗО едва при осигуряване на 30% такова покритие, лятната смъртност би могла да намалее с около 40%. Дърветата и парковете в София биха могли да смекчат ефекта на топлия остров, който е предимно нощно явление и пречи на организмите да се възстановят по време на т. нар. „тропически нощи“. Липсата на растителност не само лишава града от охлаждане, но и е пряко свързана с 217 до 247 предотвратими смъртни случая годишно.

Проучването на Патъндън и съавт. (2003)²³⁰ изследва връзката между смъртността и температурата (горещина и студ) в Лондон (1993–1996 г.) и София (1996–1999 г.).²³¹ Анализирани са 44 701 смъртни случая от всички възрасти по всякаква причина в София и 256 464 в Лондон. Според резултатите, за всеки градус покачване над 95-ия персентил от средната температура за двата дни, смъртността се е увеличила с 1,9% (1,4 до 2,4) в Лондон и с 3,5% (2,2 до 4,8) в София. Основните ефекти от топлината се появяват по-бързо. Изследване на Петкова и колектив (2021) установява, че горещото време причинява 1,1% от общата смъртност при възрастните в София (за периода 2000–2017 г.), като рискът е най-висок от умерени горещини и засяга предимно жените над 85 г. Градският топлинен остров повишава температурите в центъра с до 3–6°C, а горещините влияят най-силно на смъртността от респираторни заболявания. Връзката между температурата и смъртността в София има характерна разтеглена U-образна форма. Общо 12.3% от смъртността сред възрастните хора в София се дължи на „неоптимални“ температури. По-големият дял от смъртните случаи е свързан със студа, но макар и с по-малък относителен дял, горещината е пряка причина за

смъртност, като умерените горещини причиняват 1.1% от смъртността, а екстремните горещини са отговорни за 0.3% от случаите.

Изследването установява, че жените в София са по-уязвими на температурни колебания от мъжете. Общо 14.4% от смъртните случаи при жените са свързани с температурата, спрямо 9.8% при мъжете.

Конкретно при горещините при жените рискът е по-висок (1.2% от общата им смъртност), докато при мъжете е 0.9%. Възрастта е критичен фактор, като най-възрастните (над 85 г.) изпитват най-силен негативен ефект.

При жените над 85 г. смъртността, свързана с горещини, скача на 1.8% (двойно повече спрямо по-младата група от 65-84 г., където е 0.9%). При мъжете над 85 г. рискът от горещини нараства до 1.6% (спрямо 0.7% за тези между 65-84 г.).

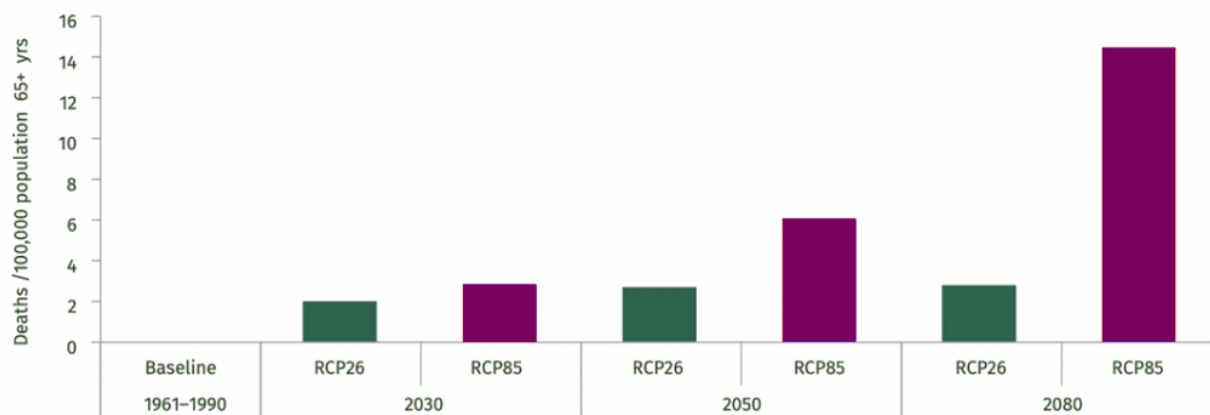
Важен извод е, че въпреки че студът убива повече хора като абсолютен брой, при най-възрастната група (85+) рискът от горещини нараства много по-осезаемо и бързо, отколкото рискът от студ, в сравнение с по-младите пенсионери.

В мащабното проучване на Маселот и съавт. (2023)²³², обхващащо 854 европейски града, България е представена с данни за София, Пловдив, Варна, Бургас, Русе и Стара Загора. Изследването поставя София и Пловдив на водещи места в Югоизточна Европа по относителен риск от смъртност, свързана с горещините. За българските градове температурата с най-нисък риск за здравето е сравнително висока (около 22°C – 24°C, среднодневна). Над тези градуси смъртността започва да расте рязко. Проучването потвърждава, че рискът от горещините е незабавен (още в същия или следващия ден), за разлика от студа, който има по-продължително действие. България попада в географската зона (заедно с Италия, Испания и Гърция), където прекомерната смъртност от горещини е най-голяма на глава от населението в цяла Европа. Установено е, че градовете в България са по-слабо адаптирани към екстремни горещини в сравнение със северните страни,

което прави населението ни по-уязвимо при извънредни топлинни вълни. Хората над 85-годишна възраст са изложени на най-висок риск от фатален край по време на горещо време, като рискът при жените е статистически по-висок от този при мъжете. Проучването подчертава, че ефектът на горещината в България е по-силен в градовете (заради бетонните повърхности), отколкото в селските райони, което съвпада с предходните изследвания за градския топъл остров. Средният ефект на градския топлинен остров в София допринася за около 50 допълнителни смъртни случая на сезон.

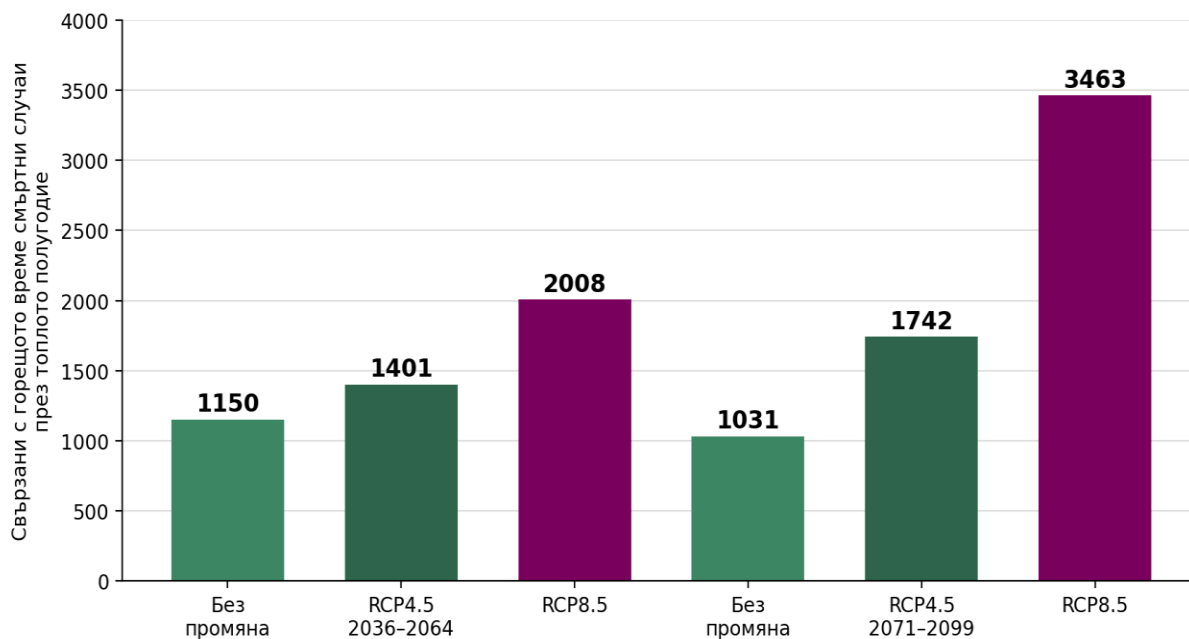
Въпреки че София е по-хладна (в сравнение с гр. Пловдив напр.), гъстото застрояване и липсата на достъп до зелени площи за 73% от населението увеличават общия здравен риск. **По отношение на заболяемостта, горещите вълни провокират топлинен удар и сърдечно-съдови инциденти.** В София е установено, че при екстремни температури случаите на мозъчен инсулт нарастват с около 6.4% до 10%, докато приемът на пациенти с инфаркт парадоксално намалява, вероятно поради внезапна смърт преди хоспитализация. В проучването на Димитрова и съавт. (2026) ²³³ за София се посочва, че критичният праг на среднодневната температура, над който рискът за сърдечно-съдовата система започва да расте значително, е около **24.5°C – 25°C**. При преминаване на този праг, рискът от хоспитализация за исхемична болест на сърцето (ИБС) в София нараства с около **3% до 5%** за всеки допълнителен градус нагоре. Авторите отбелязват, че „скакът“ при горещините е по-видим и внезапен в сравнение с ефекта на студа. Според прогнози на СЗО, при сценарий с високи емисии смъртността, свързана с топлината при възрастните хора над 65 г. в България се очаква да нарасне до около **15 смъртни случая на 100 000 до 2080 г.** в сравнение с изчислената изходна линия от почти нула смъртни случаи на 100 000 души годишно между **1961 и 1990 г.** Намаляването на емисиите може да ограничи смъртните случаи, свързани с топлината при възрастни хора, до малко под **3 смъртни случая на 100 000 през 2080 г.**

Фигура 43: Смъртност, свързана с топлината при възрастни хора над 65 г. при сценарий с високи и ниски емисии в България



Източник: СЗО.

Фигура 44: Свързани с горещото време смъртни случаи в България – прогнози за периодите 2036 – 2064 г. и 2071 – 2099 г. при различни сценарии на емитиране на парникови газове



Източник: СЗО.

При сценарий с високи емисии (RCP8.5) се предвижда допълнителните смъртни случаи, свързани с топлината, да нараснат до 3463 през 2071 – 2099 г. от 1150

годишно понастоящем. Намаляването на емисиите (RCP4.5) би могло да намали смъртните случаи през 2071 – 2099 г. до 1742.

В столицата финансовата тежест върху здравната система е огромна. Социалните и здравни разходи, породени от комбинацията между замърсен въздух и топлинни стресори, се изчисляват на близо 5 милиарда лева годишно. Монетизираната стойност на преждевременната смъртност в национален мащаб достига 7,8% от БВП на България, което е един от най-високите показатели в Европа.

Литературата очертава тенденция към прогресивно влошаване на ситуацията, ако не се предприемат сериозни адаптационни мерки. Очаква се броят на дните с горещи вълни в България да нарасне от средно 8 дни в момента до 14–18 дни годишно до 2050 г. При сценарий на екстремни горещини (температури над 34°C) прогнозираната смъртност в страната може да достигне до 2867 случая в най-горещите години.²³⁴

8. ИКОНОМИЧЕСКО ИЗМЕРЕНИЕ НА ПОСЛЕДИЦИТЕ ОТ КЛИМАТИЧНИТЕ ПРОМЕНИ В БЪЛГАРИЯ

доц. д-р Мария Трифонова

катедра „Икономика и управление по отрасли“, Стопански факултет на Софийски университет, „Св. Климент Охридски“

Климатичните промени имат все по-осезаемо икономическо измерение за България. То се проявява както чрез преките щети от екстремни метеорологични явления – суши, горещини, наводнения и пожари – така и чрез по-дългосрочни въздействия върху производителността, публичните финанси, инфраструктурата, енергетиката и благосъстоянието на домакинствата. Размерът на тези въздействия зависи не само от интензивността на климатичните промени, но и от способността на икономиката, институциите, бизнеса и домакинствата да се адаптират към тях.

Икономическата цена не се изчерпва с преките материални загуби. Ограниченото застрахователно покритие прехвърля значителна част от климатичния риск към домакинствата, предприятията и държавата. Същевременно запазването на въглеродно интензивни производства е свързано с допълнителни разходи за публична подкрепа, здравеопазване, контрол на замърсяването и използване на природни ресурси. Високите равнища на енергийна бедност допълнително ограничават възможностите на част от домакинствата да инвестират в енергийна ефективност и да намалят своята уязвимост към климатични и енергийни рискове.

Настоящата глава разглежда тези взаимосвързани измерения чрез три основни аспекта: макроикономическите загуби и разходите от климатични бедствия; икономическите и обществените разходи, свързани с въглищната енергетика; и енергийната бедност и социално-икономическите неравенства.

8.1. Макроикономически загуби и разходи от климатични бедствия

По оценка на Европейската агенция по околна среда, при липса на допълнителна адаптация страната може да натрупа загуба между 1% при оптимистичен сценарий и 3,5% при песимистичен сценарий от реалния си БВП до 2050 г. вследствие на климатичните промени. Същевременно застрахователното покритие остава под 50% за всички климатични рискове въпреки нарастващите загуби през последните две десетилетия²³⁵, а независими оценки сочат застрахователно покритие на домакинствата от едва около 8%²³⁶.

Машабът на потенциалните загуби се вижда и при отделни климатични събития. Анализ на изследователи от Университета в Манхайм и Европейската централна банка от 2025 г. оценява загубите за България само от суша и горещини през същата година на над 1 млрд. евро – приблизително 1% от БВП или около 140 евро на глава от населението.²³⁷ Тази оценка не включва настъпилите по-късно през годината наводнения и пожари и е част от оценени общо 43 млрд. евро загуби от метеорологични събития в Европа през 2025 г.

Тези оценки показват, че адаптацията към климатичните промени следва да се разглежда не само като екологична необходимост, а и като икономическа инвестиция. По-ранно моделиране на Световната банка показва, че при липса на адаптация климатичните въздействия биха могли да заличат кумулативния икономически растеж на България до 2050 г. Същевременно оценената възвръщаемост на инвестициите в секторна адаптация варира от няколко пъти до над 700 пъти вложената сума. Тази база от доказателства впоследствие е използвана и при разработването на Националната стратегия за адаптация към климатичните промени.²³⁸

Ниското застрахователно покритие е особено важно от гледна точка на публичните финанси. Когато домакинствата и предприятията не разполагат с достатъчна застрахователна защита, по-голяма част от разходите за възстановяване след бедствия се поемат пряко от засегнатите лица или чрез публични средства. При очаквано увеличаване на честотата и интензивността на някои климатични рискове

това може да създава все по-голям натиск върху националния и местните бюджети и да увеличава необходимостта от превантивни инвестиции.

8.2. Икономически и обществени разходи, свързани с въглищната енергетика

Въглищната енергетика е показателен пример за това как икономическите разходи на енергийния преход и климатичните рискове се преплитат. Оценката на реалната икономическа цена на производството на електроенергия от въглища следва да отчита не само преките производствени разходи, но и публичната подкрепа за сектора, разходите за въглеродни емисии, здравните и екологичните щети, използването на водни ресурси и нарастващите финансови рискове пред самите въглищни активи. Тези фактори придобиват все по-голямо значение с повишаването на цената на въглеродните емисии, постепенното отпадане на част от механизмите за подкрепа и нарастващата конкуренция от нисковъглеродни технологии. Климатичните промени създават и допълнителен натиск върху сектора, включително чрез увеличаващия се риск от засушавания и недостиг на вода за охлаждане.

8.2.1. Държавна подкрепа и финансова устойчивост

При оценката на икономическите показатели на предприятията, произвеждащи енергия от въглища, следва да се вземат предвид различните форми на тяхното допълнително финансиране чрез държавни инструменти. Те включват механизми за разполагаеми мощности, преференциални цени за когенерация на електроенергия за топлофикационните дружества, държавни гаранции по дълга на държавните въглищни дружества и, до неотдавна, преходно безплатно разпределение на квоти за въглеродни емисии за модернизация на енергийния сектор. Последният механизъм отпадна около средата на 2025 г., което остави държавните производители изцяло изложени на пазарната цена на въглеродните емисии.

Финансовото състояние на част от въглищните предприятия показва нарастващите икономически предизвикателства пред сектора. Управлението на въглищните активи през годините е съпътствано и от спорни решения и натрупване на загуби, пример за което е разследването от 2022 г. на обществените поръчки за доставка на варовик в ТЕЦ „Марица-изток 2“.²³⁹ Изтичането на дългосрочните договори с държавата променя съществено условията за работа на двете частни въглищни централи ТЕЦ „КонтурГлобал“ и Марица-изток 3“. Същевременно загубите на държавното дружество „Мини Марица-изток“ нараснаха от около 100 млн. лв. през

2023 г. до 270 млн. лв. към средата на 2025 г.^{240, 241}, като финансовите затруднения се покриват в значителна степен чрез вътрешногрупови заеми от БЕХ. Тези тенденции поставят въпроса за икономическата устойчивост на въглищните активи и ефективността на продължаващата публична подкрепа за тях.

8.2.2. Застраховане на въглищните активи

Възможностите за застраховане и презастраховане на въглищните активи в България също стават все по-ограничени и скъпи – тенденция, която съответства на по-широкото отдръпване на част от световния застрахователен сектор от въглеродно интензивни дейности. През 2021 г. само един кандидат – застраховател, свързан с известен предприемач от въглищния сектор – предлага имуществена застраховка за „Мини Марица-изток“. ТЕЦ „Марица-изток 2“ преминава през два неуспешни търга, преди в началото на 2022 г. да осигури единствен кандидат за застраховката си „Пожар и природни бедствия“. Прегледаната за настоящия доклад информация не показва публично отчетена съществена промяна в тази тенденция след 2022 г. Ограничаването на достъпа до застраховане е допълнителен финансов риск за въглищните активи, тъй като може да увеличи разходите за тяхната експлоатация и да прехвърли по-голяма част от риска към собствениците им и в случая на държавните предприятия – косвено към публичните финанси.

8.2.3. Здравни разходи от замърсяването

Икономическата оценка на въглищната енергетика следва да отчита и здравните разходи, които не се включват пряко в цената на произведената електроенергия, но се поемат от обществото.

Въз основа на емисионни данни от 2016 г. съвместното изследване на HEAL, CAN Europe, EEB и WWF „Europe’s Dark Cloud“ свързва девет поименно посочени централи в районите на Марица-изток и Бобов дол с около 607 преждевременни смъртни случая и близо 1,8 млрд. евро годишни здравни разходи.²⁴² Актуализирана оценка от 2024 г., изготвена от Центъра за изследвания на енергетиката и чистия въздух (CREA) съвместно с „Грийнпийс“ – България, оценява текущата тежест на замърсяването на около 333 преждевременни смъртни случая годишно и икономически разход, равняващ се на около 0,9% от БВП.²⁴³ Според анализа запазването на въглищното производство до 2038 г. би довело до допълнителни здравни разходи от около 14 млрд. евро и 5500 преждевременни смъртни случая за периода 2023–2038 г. При по-ранно преустановяване на производството оценените

разходи спадат до около 4–5 млрд. евро, а преждевременните смъртни случаи – до 1900–2200. Според същата оценка ускореното преустановяване на използването на въглища би могло да предотврати до 3600 преждевременни смъртни случая и здравни разходи в размер на 9–10 млрд. евро.

Разследване на Human Rights Watch от декември 2025 г., съсредоточено върху Димитровград, разглежда и здравните последици от емисиите на серен диоксид от ТЕЦ „Марица 3“, включително случаи на тежка детска астма.²⁴⁴ Анализът обръща внимание и на риска решението за запазване на въглищното производство до 2038 г. да засегне достъпа до около 1,2 млрд. евро финансиране по Фонда за справедлив преход в контекста на новите изисквания на ЕС за качеството на атмосферния въздух.

8.2.4. Разходи и рискове от неспазване на екологичните норми

Спазването на нормите за замърсяване също има икономическо измерение, тъй като неспазването им може да доведе както до здравни и екологични щети, така и до допълнителни разходи за предприятия и държавата.

През януари 2026 г. Европейската комисия закри дългогодишната процедура за нарушение срещу България, свързана с качеството на атмосферния въздух, започнала през 2009 г. и достигнала до решение на Съда на ЕС през май 2022 г.²⁴⁵ Закриването следва три последователни години – 2022–2024 г. – на съответствие с денонощните и часовите норми за серен диоксид (SO₂).

Отделният спор относно индивидуалното разрешително на ТЕЦ „Марица-изток 2“ обаче остава нерешен. Разрешителното допуска емисии приблизително два пъти над лимита за серен диоксид и четири пъти над лимита за живак. През март 2023 г. Съдът на ЕС приема, че подобни дерогации във вече замърсени райони са незаконосъобразни, а през март 2024 г. Административният съд – Стара Загора потвърждава констатацията по отношение на централата. Решението впоследствие е обжалвано от оператора на централата и Изпълнителната агенция по околна среда пред Върховния административен съд.²⁴⁶

Продължаващите спорове около съответствието с екологичните норми създават регулаторна и финансова несигурност. Наред със здравните и екологичните щети, неспазването на европейските изисквания може да доведе и до финансови последици за държавата, включително до еднократни или периодични имуществени санкции в производства пред Съда на ЕС.

8.2.5. Водоползване и климатичен риск

Връзката между климатичните промени и икономическата устойчивост на въглищната енергетика е особено видима при използването на водни ресурси. Комплексът „Марица-изток“, в който е концентрирана около 90% от българската въглищна енергетика, разчита в значителна степен на реките Съзлийка и Тунджа за осигуряване на охлаждаща вода. Хидроложко моделиране на „Грийнпийс“ – България и Лайденския университет от 2021 г. установява, че водочерпенето вече е в противоречие с минимално допустимия екологичен отток на приток Съзлийка, поради което се налага допълнително осигуряване на вода от река Тунджа чрез канала Ханово – Скалица.²⁴⁷ Според същото изследване удължаването на производството на електроенергия от въглища след 2030 г. би изисквало допълнително около 536 млн. м³ охлаждаща вода до 2040 г. – количество, равняващо се приблизително на 1,34 пъти обема на язовир „Жребчево“, най-големия в региона.

Климатичните промени допълнително увеличават този риск. Моделирането показва очаквано въздействие върху средногодишния и особено върху минималния речен отток през най-сухите месеци – август, септември и октомври – до средата на века. При най-неблагоприятния климатичен сценарий се очертава значително намаляване на оттока и повишен риск от засушавания и воден дефицит. Това превръща водоползването във въпрос, който надхвърля енергийния сектор. При недостиг на водни ресурси възниква конкуренция между нуждите на енергопроизводството, населените места, селското стопанство и промишлеността. При хоризонт за използване на въглища до 2038 г. необходимостта от управление на този риск придобива все по-голямо значение за регионалното и националното планиране.

8.3. Енергийна бедност и социално-икономическо неравенство

Икономическите последици от климатичните промени и енергийния преход не се разпределят равномерно между домакинствата. Доходите, състоянието на жилищния фонд, разходите за енергия и възможността за инвестиции в енергийна ефективност определят в значителна степен способността на домакинствата да се адаптират както към ценови промени в енергетиката, така и към по-чести горещини, студове и други климатични рискове.

През 2023 г. 20,6% от населението на България е било изложено на риск от бедност, а 20,7% е декларирало невъзможност да отоплява адекватно дома си. И двата

показателя са значително над средните за ЕС и се проследяват от Европейската агенция по околна среда като индикатори за климатична и енергийна уязвимост.

Икономическият институт на Българската академия на науките също посочва, че България е сред държавите с най-високи нива на енергийна бедност в ЕС, докато механизмите за подкрепа остават недостатъчно развити.²⁴⁸ Сред предложените мерки са по-прецизно насочване на подпомагането според дохода на домакинството, гарантиране на достъпни цени на електроенергията в условията на либерализиран пазар и координирано проследяване на обновяването на сградите и заетостта, свързана с енергийния преход.

Изследване на Тодоров и Ангелова (2023) поставя въпроса и за разпределителните ефекти на декарбонизацията. Разработеният от авторите модел установява структурен компромис между икономическата и социалната устойчивост и оценява, че е необходим годишен ръст на БВП на глава от населението от около 5,8%, за да бъдат съвместени двете цели.²⁴⁹ Като възможни инструменти за компенсиране на разпределителните ефекти авторите посочват прогресивното подоходно облагане и гарантирания необлагаем минимален доход.

Тези резултати показват, че енергийната бедност е един от основните канали, през които климатичната и енергийната политика се свързват със социално-икономическото неравенство в България. Домакинствата с ниски доходи обикновено разполагат с по-малък финансов ресурс за обновяване на жилищата, подмяна на отоплителните системи или инвестиции в собствено производство на възобновяема енергия. Поради това добре насочените социални и инвестиционни механизми са важни не само за социалната приемливост на прехода, но и за намаляване на климатичната уязвимост.

9. КРИТИЧНА ОЦЕНКА НА ПОЛИТИКИТЕ ЗА ОГРАНИЧАВАНЕ И АДАПТАЦИЯ КЪМ КЛИМАТИЧНИТЕ ПРОМЕНИ В БЪЛГАРИЯ

доц. д-р Марина Стефанова

Стопански факултет, Софийски университет „Св. Климент Охридски“

Европейският съюз групира политиките за адаптация и смекчаване на климата в пет направления: икономическа сигурност, инфраструктурна устойчивост, здравна защита, финансова стабилност и управление на риска. През последното десетилетие българските политики постепенно се институционализират – приети са Дългосрочна стратегия за смекчаване до 2050 г., Национална стратегия за адаптация и План за действие до 2030 г. – но макар формално да следват Европейския зелен пакт и Закона за климата, те остават ограничени от структурни дефицити в управлението, финансирането и прилагането на национално и общинско ниво.

1. Преглед на нормативната уредба

Основните европейски документи, които регулират и насочват политиките за адаптация към климатичните промени в държавите членки, включително България, са комбинация от регламенти, стратегии, директиви и секторни рамки. Те формират правната и политическата основа за националните адаптационни политики.

Фигура 45: Правна рамка на политиките за адаптация към климатичните промени

Правна рамка на политиките за адаптация към климатичните промени

Основни регламенти, директиви и инициативи на Европейско ниво



Източник: съдържание на автора.

2. Критичен анализ

Основни стратегически и нормативни актове, които формират климатичната политика на България, включват:

- Национална стратегия за адаптация от 2019 г.²⁵⁰, която е задължителна стъпка, предшестваща интегрирането на климатичните рискове в секторните политики.
- Закон за ограничаване изменението на климата²⁵¹, който урежда националната климатична рамка, транспонира и прилага европейските изисквания, регулира емисиите, търговията с емисии, мониторинга и климатичните цели.
- Интегриран национален план „Енергетика и климат“²⁵² (ИНПЕК), чрез който България изпълнява целите на ЕС, планира декарбонизацията и докладва климатичния си напредък; и
- Дългосрочна стратегия за ограничаване изменението на климата до 2050 г.²⁵³

Макар България формално да е обвързана от Европейския закон за климата от 2021 г., страната дълго време поддържа резервирана позиция спрямо по-високите цели за декарбонизация, затварянето на въглищни мощности и ускорения енергиен преход. При окончателното гласуване в Съвета на ЕС през юни 2021 г. тя е единствената държава членка, която се въздържа и не подкрепя регламента. „Регламент за таксономията на ЕС“ има пряко действие в България.²⁵⁴ Той създава обща европейска класификационна система за „устойчиви“ икономически дейности и определя кога една инвестиция е екологично устойчива и изисква таксономично отчитане от финансовите институции, големите компании публичните институции и държавните инвестиционни програми прилагат пряко регламента.

Последните постепенно са задължени да публикуват информация за климатичните рискове, които идентифицират, и тяхната корпоративна устойчивост. Прилагането в България се подпомага чрез указания на Министерството на финансите; насоки на Министерството на околната среда и водите; методологии за европейски проекти и правила за обществено финансиране. В тази посока все още има разпокъсаност между финансовите институции екологичните органи и секторните министерства, а българският финансов сектор предлага ограничени зелени финансови продукти.

България приема своя Национален план за възстановяване и устойчивост с голямо закъснение спрямо останалите страни-членки. Макар формално НПВУ да покрива формалните изисквания на ЕС като включва зеления преход, подпомага цифровата

трансформация, предвижда структурни реформи, включва мерки за устойчивост, спазва принципа „Do No Significant Harm“ и отделя минимум 37% за климатични цели и 20% за дигитализация, той отговаря на минималния климатичен праг от 37% чрез мерките енергийна ефективност, железопътен транспорт, ВЕИ, декарбонизация и зелена мобилност. Първоначалният план среща сериозни затруднения при изпълнението и България трябва да промени част от проектите и сроковете. Основните проблеми са насочени към забавяне на реформите поради политическа нестабилност, чести избори, забавени закони и слаб и разпокъсан административен капацитет.

Критиките по плана от експерти и неправителствения сектор са насочени към „административното съответствие“ в климатичните оценки и липсата на дългосрочни климатични сценарии и адаптацията остава по-слабо интегрирана от декарбонизацията. В изпълнението на проектите също се отбелязва забавяне поради недостатъчна техническа подготовка или проблеми с обществените поръчки. През 2025 г. European Commission одобрява изменения в българския НПВУ и включването на глава REPowerEU.

Най-големият пропуск в България е липсата на интегрирано климатично управление. Адаптацията все още се разглежда като екологична тема, а не като политика на сигурност не регионите, икономическа политика, здравна политика и инструмент за инфраструктурни промени. ЕС оценява климатичната устойчивост като елемент на стратегическа автономия и икономическа стабилност, В България подходът остава предимно административен и проектно ориентиран, с които европейските изисквания често се изпълняват на ниво „съответствие“, но без достатъчна интеграция в териториалното планиране, инфраструктурната политика, местното управление, климатичната адаптация. **Това прави страната особено уязвима към увеличаващите се екстремни валежи и внезапни наводнения, които се очаква да се засилват вследствие на климатичните промени.**

Спрямо рамките на ЕС България изостава особено по отношение на „системната адаптация“, която Европейската комисия определя като ключов елемент на новата стратегия за адаптация от 2021 г. Докато ЕС поставя акцент върху интегриране на климатичната устойчивост във всички политики, в България климатичната адаптация често остава периферна тема, отделена от икономическото и регионалното планиране. Това създава сериозни пропуски при управлението на риска от суши, наводнения, горски пожари и екстремни температури.

Политиките за смекчаване на климатичните промени също демонстрират двойствен характер. От една страна, България следва европейските цели за декарбонизация и е приела дългосрочна стратегия до 2050 г. От друга страна, икономическата структура на страната остава силно зависима от въглищната енергетика, особено в комплекса „Марица-изток“. Това води до политическо колебание и непоследователност в енергийния преход. Националните политики често се опитват да балансират между климатичните ангажименти към ЕС и вътрешнополитическия натиск за запазване на въглищния сектор. Налице е значително разминаване между стратегическото планиране и реалното прилагане. България възприема предимно реактивен, а не проактивен модел на климатична политика. Документите често съдържат амбициозни цели, но без достатъчно ясно дефинирани механизми за мониторинг, секторна координация и финансово обезпечаване. Това е особено видимо в политиките за адаптация, където мерките остават фрагментирани между различни институции и нива на управление.

Тази слабост е ясно изведена и като основно заключение от публикувания наскоро от Министерство на околната среда и водите доклад „Водните кризи на България“ (2026).²⁵⁵ По отношение на водите, България формално е транспонирала Директивата за наводненията чрез Закона за водите и свързаните планове за управление на риска. Докладът очертава подобни системни слабости, които показват съществено разминаване между българската практика и изискванията и целите на европейското водно законодателство, особено на Европейски съюз рамката за устойчиво управление на водите и климатична адаптация. В него се очертават хоризонтални за всички направления на околната среда слабости, между които слабо прилагане на превантивната политика и липса на адекватна координация между институциите. Политиката често се фокусира върху реакция след бедствия вместо върху дългосрочна адаптация, пространствено ограничаване на риска, природно базирани решения.

Докладът групира няколко съществени пропуски, между които липсата на реално интегрирано управление на водните ресурси, каквото изисква Рамкова директива за водите. В него многократно се подчертава, че институционалната отговорност е „разпиляна между институциите“, управленската верига формално съществува, но реалният контрол се къса, а решенията се вземат „на парче“. На второ място е идентифицирано отсъствие на надеждна система за мониторинг, данни и цифрово управление. Докладът посочва, че само 1 869 от 5 302 водомерни зони имат постоянно измерване и архивиране на данни, а голяма част от ВиК дружествата

работят с непълни регистри и дори с ръчни изчисления в Excel. Особено критичен е пропусъкът по отношение на управлението на водните загуби. Загуби от над 60% във ВиК системата са далеч над допустимите нива в повечето европейски държави и показват липса на ефективен регулаторен механизъм за намаляване на течовете и управление на инфраструктурния риск. Докладът разкрива и сериозен дефицит по отношение на екологичния компонент на водната политика, с аргументи, че в България липсва достатъчен фокус върху възстановяване на речни коридори, екологичен отток, влажни зони и естествено задържане на вода. Последният сериозен пропуск е липсата на модерна политика за повторно използване на води и управление на дъждовните води. Докладът изрично отбелязва, че използването на дъждовна вода е „подценена възможност“. В сектора на напояването пропуските са още по-видими: липса на актуални регистри, остаряла инфраструктура, огромни „неоползотворени“ водни маси и почти отсъстваща цифровизация. Тези законодателни и управленски дефицити водят до няколко групи рискове:

- **Риск за националната сигурност и обществената стабилност.** Докладът ясно определя водата като стратегически ресурс и предупреждава, че режимите на водата и ненадеждното водоснабдяване вече засягат населението и икономиката. При климатичен натиск слабата система може да доведе до хронични регионални водни кризи, социално напрежение и обезлюдяване на цели райони.
- **Икономически риск.** Високите загуби, разрушеното напояване и слабият контрол върху ресурсите намаляват конкурентоспособността на земеделието и индустрията. Това увеличава зависимостта от внос на храни, повишава производствените разходи и намалява инвестиционната привлекателност на страната.
- **Екологичен риск.** Деградацията на реките, понижаването на подземните води и невъзможността за задържане на вода в ландшафта увеличават едновременно риска от суши и наводнения. Това означава ускоряваща се екосистемна нестабилност и загуба на биоразнообразие.
- **Финансов и регулаторен риск спрямо ЕК.** При системно неизпълнение на европейските изисквания България е изложена на наказателни процедури, ограничаване на европейско финансиране и по-труден достъп до средства за инфраструктура и климатична адаптация.
- **Дългосрочен риск от институционален срив.** Докладът многократно подчертава, че проблемът не е само инфраструктурен, а е свързан с дефицит на компетентност, управление и прозрачност. Ако тази тенденция продължи, България може да навлезе в цикъл, при който климатичните промени постоянно усилват ефекта от

слабата администрация, а държавата губи способност да управлява един от ключовите си стратегически ресурси.

Консултациите с експерти и анализите на изпълнението още веднъж повтарят набелязаните ключови слабости: 1) липса на конкретни индикатори за оценка на напредъка; 2) ограничен административен капацитет на местните власти; 3) недостатъчна интеграция на научни данни и климатични сценарии; 3) отсъствие на стабилен механизъм за междуведомствена координация; 5) зависимост от европейско финансиране вместо национална инвестиционна рамка; и 6) ограничена обществена ангажираност.

Фигура 46: Ключови слабости

Ключови слабости в изпълнението на климатичните политики в България

Изведени от консултации с експерти и анализи на изпълнението



Според тях липсва ясна визия за „справедлив преход“. Въпреки наличието на европейски механизми за подпомагане, включително Фонда за справедлив преход, България среща затруднения при разработването на дългосрочни социално-икономически алтернативи за засегнатите региони. Това създава

риск климатичните политики да бъдат възприемани като външен натиск, а не като инструмент за модернизация и устойчиво развитие.

Не на последно място е ограниченото участие на гражданското общество и местните общности в процесите на климатично управление. Макар европейските рамки да насърчават многостепенно управление и участие на заинтересованите страни, в България процесите остават силно централизирани и експертно-бюрокрастични. Това отслабва обществената легитимност на политиките и улеснява разпространението на климатичен скептицизъм и антиевропейски наративи в публичното пространство.

3. Препоръки за подобрене

Както бе очертано по-горе, основните предизвикателства пред България за приоритизиране на темата за адаптация и смекчаване на климатичните промени са в приемането на оперативни, задължителни и финансово обезпечени мерки. По-конкретно, ключовите политики, които публичните институции следва да приемат или значително да разширят, могат да бъдат групирани в следните направления.

- **По отношение на климатичната адаптация, е важно да бъде приет самостоятелен климатичен закон**, който ясно да дефинира задълженията на институциите, да постави секторни цели за адаптация, да въведе задължителни оценки на климатичния риск, включително и санкции при неизпълнение и механизми за отчетност. Подобен закон би трябвало да интегрира адаптацията във всички секторни политики - транспорт, земеделие, енергетика, здравеопазване, строителство и регионално развитие.
- **По отношение на общинските планове за климатична устойчивост, локалните адаптационни планове следва да бъдат задължителен елемент от местното самоуправление.** Необходимо е да се въведат стандартизирани методики и всяка община да изготви климатична оценка на рисковете от наводнения, горещи вълни, суши, горски пожари, свлачища и воден стрес. Добра практика би била създаването на регионални климатични центрове за техническа помощ, които да подпомогнат експертизата на общините, с акцент върху малките общини.
- **По отношение на националната политика за управление на водния риск, България е силно изложена както на суши, така и на внезапни наводнения.** Необходимо е да бъдат модернизирани язовирите и напоителните системи, да се ограничат загубите във ВиК мрежата и да се увеличи количеството повторно използване на отпадъчни води. Критичен проблем е, че водната инфраструктура е

проектирана за климатични условия от XX век, а не за настоящите екстремни колебания.

- **По отношение на климатично устойчивото земеделие, България използва ограничено предвидените в Общата селскостопанска политика инструменти.** Необходими е да бъдат въведени стимули за адаптационни мерки като засяване на устойчиви на суша култури, агролесовъдство, капково напояване, почвено възстановяване и въвеждане на системи за ранно предупреждение.
- **По отношение на климатично устойчивите градове, е критично да бъдат овладени ефектите като „градски топлинен остров“.** За целта трябва да бъдат предвидени задължителни зелени площи, масивно градско залесяване, вкл. зелени покриви, охлаждаща градска инфраструктура и ограничения върху презастрояването.
- **По отношение на системите за ранно предупреждение и натрупването на климатични данни, България има фрагментирани системи за мониторинг.** Необходимо е да изградим интегрирана цифрова климатична платформа; да бъде осигурен публичен достъп до данни; да бъдат произведени местни прогнози за екстремни събития и въведени автоматизирани системи за предупреждение. Липсва координация между метеорология, гражданска защита и общини.
- **По отношение на здравната политика за климатичните рискове, трябва да се разработят планове за действие при горещи вълни, да се внедри мониторинг на климатично чувствителните заболявания и да се укрепят системите за обществено предупреждение.** Защитата на новоидентифицирани рискови групи и климатична подготовка на болници.
- **По отношение на климатичната оценка на инфраструктурни проекти, е необходимо всички големи инфраструктурни проекти да преминават оценка за климатична устойчивост и тестове за екстремни температури, наводнения и суши.**
- **По отношение на финансовата рамка за климатична адаптация, България трябва да създаде национален климатичен фонд и да въведе поетапно климатично бюджетиране.** В момента зависимостта от европейски средства създава нестабилност и краткосрочност.
- **По отношение на увеличаване на общественото разбиране на адаптационните политики, които трудно получават политическа подкрепа, е ключово да бъдат въведени мерки за систематично климатично образование** – в училищата, в държавната администрация, чрез обществени информационни кампании,

програми за климатична грамотност и подкрепа за научни и университетски центрове.

¹ Germanwatch, NewClimate Institute & Climate Action Network International. (2024). Climate Change Performance Index (CCPI) 2025.

Достъпно на: <https://ccpi.org/download/climate-change-performance-index-2025/>

² Zscheischler, J., Westra, S., Van Den Hurk, B. J., Seneviratne, S. I., Ward, P. J., Pitman, A., ... & Zhang, X. (2018). Future climate risk from compound events. *Nature climate change*, 8(6), 469-477.

³ IPCC. Seventh Assessment Report. AR7. Достъпно на: <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar7/>

⁴ IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 184 pp., doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.

⁵ Cos, J., Doblas-Reyes, F. J., Jury, M. W., Marcos, R., Bretonnière, P.-A., & Samsó, M. (2022). The Mediterranean climate change hotspot in the CMIP5 and CMIP6 projections. *Earth System Dynamics*, 13, 321–340. <https://doi.org/10.5194/esd-13-321-2022>.

⁶ Lee, J.-Y., J. Marotzke, G. Bala, L. Cao, S. Corti, J.P. Dunne, F. Engelbrecht, E. Fischer, J.C. Fyfe, C. Jones, A. Maycock, J. Mutemi, O. Ndiaye, S. Panickal, and T. Zhou, 2021: Future Global Climate: Scenario-Based Projections and NearTerm Information. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 553–672, doi:10.1017/9781009157896.006.

⁷ Communication from the Commission to The European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and The Committee of the Regions Forging a Climate-Resilient Europe - The New EU Strategy on Adaptation to Climate Change, COM/2021/82 final. Достъпно на: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2021:82:FIN>

⁸ United Nations Framework Convention on Climate Change, The Paris Agreement. Достъпно на: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>.

⁹ Cos, J., Doblas-Reyes, F. J., Jury, M. W., Marcos, R., Bretonnière, P.-A., & Samsó, M. (2022). The Mediterranean climate change hotspot in the CMIP5 and CMIP6 projections. *Earth System Dynamics*, 13, 321–340. <https://doi.org/10.5194/esd-13-321-2022>.

¹⁰ IPCC, 2021, Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, In press, doi:10.1017/9781009157896.

¹¹ Ruosteenoja, K., & Jylhä, K. (2023). Average and extreme heatwaves in Europe at 0.5–2.0 °C global warming levels in CMIP6 model simulations. *Climate Dynamics*, 61, 4259–4281. <https://doi.org/10.1007/s00382-023-06798-4>.

¹² Cos, J., Doblas-Reyes, F. J., Jury, M. W., Marcos, R., Bretonnière, P.-A., & Samsó, M. (2022). The Mediterranean climate change hotspot in the CMIP5 and CMIP6 projections. *Earth System Dynamics*, 13, 321–340. <https://doi.org/10.5194/esd-13-321-2022>.

¹³ Chervenkov, H., & Slavov, K (2025). Projected future warming over Southeast Europe in the UNFCCC Paris Agreement context. *Bulgarian Geophysical Journal*, 52(1). <https://doi.org/10.55318/bgjp.2025.52.1.012>.

¹⁴ Malcheva, K., Bocheva, L., & Chervenkov, H. (2022). Spatio-Temporal Variation of Extreme Heat Events in Southeastern Europe. *Atmosphere*, 13(8), 1186. <https://doi.org/10.3390/atmos13081186>.

¹⁵ Бочева, Л., Маринова, Т., Малчева, К., Червенков, Х., и др. (Ред.). (2024). Променящият се климат на България – данни и анализи.

¹⁶ Nikolova, N., Matev, S., Rachev, G., Krenchev, D., & Popov, H. (2026). The climate of Bulgaria. In V. V. Nikolova & A. G. Baltakova (Eds.), *Landscapes and landforms of Bulgaria* (World Geomorphological Landscapes series). Springer. ISBN 978-3-032-16814-6 (hardcover); 978-3-032-16815-3 (eBook), https://doi.org/10.1007/978-3-032-16815-3_3.

¹⁷ Marinova T. & Bocheva L., Eds. (2024). Climate variation and climate change projection for Bulgaria. National Institute of Meteorology and Hydrology. Sofia, Bulgaria. ISBN 978-954-394-408-8.

¹⁸ IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, In press, doi:10.1017/9781009157896.

¹⁹ Boboc, L., Dima, M., Vaideanu, P., & Ionita, M. (2025). Trends and variability of heat waves in Europe and the association with large-scale circulation patterns. *Weather and Climate Extremes*, 49, 100794.

²⁰ Malcheva, K., Bocheva, L., & Chervenkov, H. (2022). Spatio-Temporal Variation of Extreme Heat Events in Southeastern Europe. *Atmosphere*, 13(8), 1186. <https://doi.org/10.3390/atmos13081186>

²¹ Marinova T. & Bocheva L., Eds. (2024). Climate variation and climate change projection for Bulgaria. National Institute of Meteorology and Hydrology. Sofia, Bulgaria. ISBN 978-954-394-408-8.

- ²² Тропични нощи са дните, в които минималната температура през нощта не пада под 20°C, което показва липса на нощно охлаждане и често е индикатор за горещи климатични условия.
- ²³ Матев, С. (2019). Тропични нощи в България в условията на климатични промени. В: Природа и общество. Интердисциплинарни четения. Т. 1. София: УИ „Св. Климент Охридски“, 23–35.
- ²⁴ Николова, М. (2023). Влияние на климатичните промени върху опасността от екстремни метеорологични събития и природни бедствия в България. Списание на Българското геологическо дружество, 84(2), 77–90.
- ²⁵ Николова, Х., Димитрова, Б. и Матев, С. (2026). Съвременни тенденции в проявата на денонощия с тропични нощи в България. В: III Национална научна конференция по метеорология, хидрология и околна среда, 24–26 март 2026 г. (с. 54). Национален институт по метеорология и хидрология, София, България.
- ²⁶ Dimitrov, S., Popov, A., & Iliev, M. (2021). An application of the LCZ approach in surface urban heat island mapping in Sofia, Bulgaria. *Atmosphere*, 12(11), 1370. <https://doi.org/10.3390/atmos12111370>
- ²⁷ Дни с максимална температура на въздуха под 0 °C.
- ²⁸ Дни с минимална температура на въздуха под 0 °C.
- ²⁹ Матев, С. (2019). Тропични нощи в България в условията на климатични промени. В: Природа и общество. Интердисциплинарни четения. Т. 1. София: УИ „Св. Климент Охридски“, 23–35.
- ³⁰ Nikolova, N., Matev, S., Rachev, G. Ivanova D. 2021. Characteristics of first and last frost occurrences and the length of frost-free season in Bulgaria. *Journal of Environmental Protection and Ecology*. Volume 22, Issue 1, 2021, pp 85-94
- ³¹ Zscheischler, J., Westra, S., van den Hurk, B. J. J. M., Seneviratne, S. I., Ward, P. J., Pitman, A., AghaKouchak, A., Bresch, D. N., Leonard, M., Wähl, T., & Zhang, X. (2018). Future climate risk from compound events. *Nature Climate Change*, 8(6), 469–477. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0156-3>
- ³² Ebi, K. L. (2025). Understanding the risks of compound climate events and cascading risks. *Dialogues on Climate Change*, 2(1), 33–37. <https://doi.org/10.1177/29768659241304857>
- ³³ Chervenkov, H., & Slavov, K. (2025). Projected future warming over Southeast Europe in the UNFCCC Paris Agreement context. *Bulgarian Geophysical Journal*, 52(1). <https://doi.org/10.55318/bgjp.2025.52.1.012>
- ³⁴ Николова, М. (2023). Влияние на климатичните промени върху опасността от екстремни метеорологични събития и природни бедствия в България. Списание на Българското геологическо дружество, 84(2), 77–90.
- ³⁵ Panayotov, K. (2024). Evaluating climate projections for Bulgaria: A framework using regional climate models. In Sixth International Conference “Climate, atmosphere and water resources in the face of climate change” (Hisarya, Bulgaria, 24–28 September 2024).
- ³⁶ Trenberth K. E. (2011). Changes in precipitation with climate change. *Climate Research*, 47(1–2), 123–138.
- ³⁷ Dai Aiguo (2013). Increasing drought under global warming in observations and models. *Nature Climate Change*, 3(1), 52–58.
- ³⁸ Intergovernmental Panel on Climate Change (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report*. Cambridge University Press.
- ³⁹ Wilks, D. S. (2011). *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences* (3rd ed.). Academic Press
- ⁴⁰ Malcheva, K., Neykov N., Bocheva L., Stoycheva A., Neykova N. (2026). Analysis of Precipitation and Regionalization of Torrential Rainfall in Bulgaria. *Climate*, 14, no. 2: 39. <https://doi.org/10.3390/cli14020039>
- ⁴¹ Маринова, Т., & Бочева, Л. (Ред.). (2023). Променяният се климат на България: Данни и анализи (Глава 2: Климатът в миналото и настоящето; Л. Бочева, К. Малчева, А. Гочева, Х. Червенков, В. Георгиева, В. Казанджиев, К. Крумова, Е. Божилова, М. Ранкова, С. Балабанова, И. Илчева, К. Любенова, Р. Вълчева, & Е. Артинян).
- ⁴² Malcheva, K., Chervenkov H., Bocheva L. (2023). The importance of seasonal climate assessments in the analysis of the contemporary climate of Bulgaria. *ВМЖ*, 27/1 (2023) 1-53.
- ⁴³ Маринова, Т., & Бочева, Л. (Ред.). (2023). Променяният се климат на България: Данни и анализи (Глава 2: Климатът в миналото и настоящето; Л. Бочева, К. Малчева, А. Гочева, Х. Червенков, В. Георгиева, В. Казанджиев, К. Крумова, Е. Божилова, М. Ранкова, С. Балабанова, И. Илчева, К. Любенова, Р. Вълчева, & Е. Артинян).
- ⁴⁴ Malcheva, K., Chervenkov H., Bocheva L. (2023). The importance of seasonal climate assessments in the analysis of the contemporary climate of Bulgaria. *ВМЖ*, 27/1 (2023) 1-53.
- ⁴⁵ Malcheva, K., Neykov N., Bocheva L., Stoycheva A., Neykova N. (2026). Analysis of Precipitation and Regionalization of Torrential Rainfall in Bulgaria. *Climate*, 14, no. 2: 39. <https://doi.org/10.3390/cli14020039>
- ⁴⁶ Пак там.
- ⁴⁷ Брънзов Хр., ред., (2020). История на климатичните изследвания в Националния институт по метеорология и хидрология. ISBN 978-954-580-389-5, Херон Прес, 168 стр.
- ⁴⁸ Колева Е. (1981). Многогодишни колебания на валежите и температурата на въздуха в България. Сп. Хидрология и метеорология, 2, 69-76.
- ⁴⁹ Колева Е. (1987). Многогодишни колебания в хода на температурата на въздуха и валежите в България. Сп. Проблеми на метеорологията и хидрологията, 2, 27-40.
- ⁵⁰ Колева Е. (1991). Разпределение на валежите. Климатът на България, Изд. БАН, 499 стр.
- ⁵¹ Koleva, Ek., Boroneant, C., & Bruci, E. (1998). Study on the variability of annual and seasonal precipitation over the Balkan Peninsula. The second International Conference on the Climate and Water, Esso, Finland 17-20 August, vol. 3, pp.1084-1089
- ⁵² Alexandrov V., Schneider M., Koleva E., Moisselin J.-M., (2004). Climate variability and change in Bulgaria during the 20th century. *Theor. Appl. Climatology*. 79, 133–149. DOI 10.1007/s00704-004-0073-4
- ⁵³ Koleva E., Alexandrov V., (2008). Drought in the Bulgarian low regions during the 20th century. *Theor. Appl. Climatology*. 92, 113–120 (2008) DOI 10.1007/s00704-007-0297-1
- ⁵⁴ Nikolova, N., Radeva K., Matev S., Gera M. (2026). Observed Change in Precipitation and Extreme Precipitation Months in the High Mountain Regions of Bulgaria, *Atmosphere* 2026, 17, 93 <https://doi.org/10.3390/atmos17010093>

- ⁵⁵ Маринова, Т., & Бочева, Л. (Ред.). (2023). Променящият се климат на България: Данни и анализи (Глава 2: Климатът в миналото и настоящето; Л. Бочева, К. Малчева, А. Гочева, Х. Червенков, В. Георгиева, В. Казанджиев, К. Крумова, Е. Божилова, М. Ранкова, С. Балабанова, И. Илчева, К. Любенова, Р. Вълчева, & Е. Артинян).
- ⁵⁶ Malcheva, K., Chervenkov H., Bocheva L. (2023). The importance of seasonal climate assessments in the analysis of the contemporary climate of Bulgaria. *BJMH*, 27/1 (2023) 1-53.
- ⁵⁷ Маринова, Т., & Бочева, Л. (Ред.). (2023). Променящият се климат на България: Данни и анализи (Глава 2: Климатът в миналото и настоящето; Л. Бочева, К. Малчева, А. Гочева, Х. Червенков, В. Георгиева, В. Казанджиев, К. Крумова, Е. Божилова, М. Ранкова, С. Балабанова, И. Илчева, К. Любенова, Р. Вълчева, & Е. Артинян).
- ⁵⁸ Malcheva, K., Chervenkov H., Bocheva L. (2023). The importance of seasonal climate assessments in the analysis of the contemporary climate of Bulgaria. *BJMH*, 27/1 (2023) 1-53.
- ⁵⁹ Nikolova, N., Radeva K., Matev S., Gera M. (2026). Observed Change in Precipitation and Extreme Precipitation Months in the High Mountain Regions of Bulgaria, *Atmosphere* 2026, 17, 93 <https://doi.org/10.3390/atmos17010093>
- ⁶⁰ Маринова, Т., & Бочева, Л. (Ред.). (2023). Променящият се климат на България: Данни и анализи (Глава 2: Климатът в миналото и настоящето; Л. Бочева, К. Малчева, А. Гочева, Х. Червенков, В. Георгиева, В. Казанджиев, К. Крумова, Е. Божилова, М. Ранкова, С. Балабанова, И. Илчева, К. Любенова, Р. Вълчева, & Е. Артинян).
- ⁶¹ Malcheva, K., Chervenkov H., Bocheva L. (2023). The importance of seasonal climate assessments in the analysis of the contemporary climate of Bulgaria. *BJMH*, 27/1 (2023) 1-53.
- ⁶² Пак там.
- ⁶³ Маринова, Т., & Бочева, Л. (Ред.). (2023). Променящият се климат на България: Данни и анализи (Глава 2: Климатът в миналото и настоящето; Л. Бочева, К. Малчева, А. Гочева, Х. Червенков, В. Георгиева, В. Казанджиев, К. Крумова, Е. Божилова, М. Ранкова, С. Балабанова, И. Илчева, К. Любенова, Р. Вълчева, & Е. Артинян).
- ⁶⁴ Malcheva, K., Chervenkov H., Bocheva L. (2023). The importance of seasonal climate assessments in the analysis of the contemporary climate of Bulgaria. *BJMH*, 27/1 (2023) 1-53.
- ⁶⁵ Alpert, P., Ben-gai, T., Baharad, A., Benjamini, Y., Yekutieli, D., Colacino, M., Diodato, L., Ramis, C., Homar, V., Romero, R., Michaelides, S., & Manes, A. (2002). The paradoxical increase of Mediterranean extreme daily rainfall in spite of decrease in total values, *Geophys. Res. Lett.*, 29(11), <https://doi.org/10.1029/2001GL013554>
- ⁶⁶ Маринова, Т., & Бочева, Л. (Ред.). (2023). Променящият се климат на България: Данни и анализи (Глава 2: Климатът в миналото и настоящето; Л. Бочева, К. Малчева, А. Гочева, Х. Червенков, В. Георгиева, В. Казанджиев, К. Крумова, Е. Божилова, М. Ранкова, С. Балабанова, И. Илчева, К. Любенова, Р. Вълчева, & Е. Артинян).
- ⁶⁷ Malcheva, K., Chervenkov H., Bocheva L. (2023). The importance of seasonal climate assessments in the analysis of the contemporary climate of Bulgaria. *BJMH*, 27/1 (2023) 1-53.
- ⁶⁸ Malcheva K., Marinova T., Bocheva L. (2020). Statistical Assessment of Annual Maximum Daily Precipitation over Bulgaria in the Period 1892-2018. *Proceeding of 1st International Conference on Environmental Protection and Disaster RISks*, Part 2, pp. 452-466. ISBN 978-619-7065-38-1, <https://doi.org/10.48365/ENVR-2020.1.41>
- ⁶⁹ Nikolova N., Chenkova N., (2018). Extreme Precipitation Months and Precipitation Indices for Northeastern Bulgaria on the Background of Climate Change., Том 111., Год. на СУ "Св. Климент Охридски", Геолого-географски факултет, Книга 2 – география, том:111, 2018, ISSN (print):0324-2579, ISSN (online):2535-0579.
- ⁷⁰ Bocheva L., Gospodinov I., Simeonov P., Marinova T., (2011). On change in precipitation regime with assessment of extremes in Bulgaria (1961 – 2007). *BJMH*, 16/3-4, 1-15
- ⁷¹ Marinova, T., Malcheva K., Bocheva L., Trifonova L. (2017). Climate profile of Bulgaria in the period 1988-2016 and brief climatic assessment of 2017. *BLMH* 22/3-4 2-15
- ⁷² Bocheva, L. (2015). Comparative analysis of heavy precipitation in non-mountainous regions of Bulgaria. *SGEM Conference Proceedings*, 4, 2015, ISBN:978-619-7105-38-4, ISSN:ISSN 1314-2704, 889 - 896
- ⁷³ Bocheva L., Malcheva K. (2020) Climatological assessment of extreme 24-hour precipitation in Bulgaria during the period 1931-2019. *Proceedings of 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020*, Vol. 20, Iss. 4.1, pp. 357-364, DOI:10.5593/sgem2020/4.1/s19.045
- ⁷⁴ Nikolova, N., Radeva K., Matev S., Gera M. (2026). Observed Change in Precipitation and Extreme Precipitation Months in the High Mountain Regions of Bulgaria, *Atmosphere* 2026, 17, 93 <https://doi.org/10.3390/atmos17010093>
- ⁷⁵ Александров, В. (2011) Сушата в България. С., НИМХ, Булит инс
- ⁷⁶ Ilcheva, I., Yordanova, A., Ljubenova, Kr., Drumeva, G., & Rainova, V. (2022). Approach and Indicator system for assessment the impacts of reservoirs and prolonged drought identification in Bulgaria for Water framework directive. *22nd International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2022, Section Hydrology & Water Resources*, <https://doi.org/10.5593/sgem2022/3.1/s12.07>
- ⁷⁷ Славов Н., Колева Е., Александров В. (2003). Глава 3. Анализ на засушаването в България, 3.1. Климатични особености на засушаването. Засушаването в България:съвременен аналог за климатични промени, под редакцията на И. Раев, С. Gregory Knight, М. Станева, изд. М. Дринов, 284 стр.
- ⁷⁸ Колева, Е., Славов Н., Александров В., (2003). Глава 3. Анализ на засушаването в България, 3.2. Засушливи периоди в България през XX век. Засушаването в България:съвременен аналог за климатични промени, под редакцията на И. Раев, С. Gregory Knight, М. Станева, изд. М. Дринов, 284 стр.
- ⁷⁹ Gocheva, A., Malcheva K., Marinova T., (2010). Some drought indices for the territory of Bulgaria. *BJMH*, 15/3, 88-96
- ⁸⁰ WMO (2012). Standardized Precipitation Index User Guide. [M. Svoboda, M. Hayes and D. Wood], WMO-No. 1090. World Meteorological Organization, ISBN 978-92-63-11091-6, 16 p., https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=13682
- ⁸¹ McKee Thomas B., Doesken, N. J., & Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*. American Meteorological Society, 179-184

- ⁸² Alexandrov, A., Radeva S., (2010). SPI as an indicator of drought in South Bulgaria. In: López Francos A.(comp.), López-Francos A. (collab.). Economics of drought and drought preparedness in a climate change context. Zaragoza: CIHEAM / FAO / ICARD / GDAR / CEIGRAM / MARM, 2010. p. 113-115 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 95).
- ⁸³ Alexandrov V., Radeva St., Koleva E., (2011). Utilization of Standardised Precipitation Index, Palmer Drought Severity Index and Reconnaissance Drought Index as drought indicators in drought Bulgaria. 11th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2011 Conference Proceedings ISSN 1314-2704, June 20-25, 2011, Vol. 2, p. 969-976
- ⁸⁴ Evgeniev, R., Malcheva, K., Marinova, T., Chervenkov, H., & Bocheva, L. (2023). Assessment of drought in Bulgaria in recent years through the standardized precipitation index. International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM 23(4.1), 245–252, <https://doi.org/10.5593/sgem2023/4.1/s19.31> (SJR 0.12)
- ⁸⁵ Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S., & López-Moreno, J. I., (2010). A multiscale drought index sensitive to global warming: The SPEI. Journal of Climate, 23(7), 1696–1718.
- ⁸⁶ Nikolova, N., & Yanakiev, D. (2020). Climate aridity in Southern Bulgaria (1961–2015). Forum Geografic, 19(1), 67–75.
- ⁸⁷ Alexandrov V., Radeva St., Koleva E., (2011). Utilization of Standardised Precipitation Index, Palmer Drought Severity Index and Reconnaissance Drought Index as drought indicators in drought Bulgaria. 11th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2011 Conference Proceedings ISSN 1314-2704, June 20-25, 2011, Vol. 2, p. 969-976
- ⁸⁸ Radeva, K., & Nikolova, N. (2020). Hydrometeorological drought hazard and vulnerability assessment for Northern Bulgaria. Geographica Pannonica, 24(2), 91–103.
- ⁸⁹ Alexandrov V., Radeva St., Koleva E., (2011). Utilization of Standardised Precipitation Index, Palmer Drought Severity Index and Reconnaissance Drought Index as drought indicators in drought Bulgaria. 11th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2011 Conference Proceedings ISSN 1314-2704, June 20-25, 2011, Vol. 2, p. 969-976
- ⁹⁰ Nikolova, N., & Yanakiev, D. (2020). Climate aridity in Southern Bulgaria (1961–2015). Forum Geografic, 19(1), 67–75.
- ⁹¹ Nikolova, N., Alieva, G., Voislavova, I., (2012). Drought Periods in Non-Mountainous Part of South Bulgaria on the Background of Climate Change. International scientific journal Geographica Pannonica, Vol. 16, Issue 1, p. 18-25.
- ⁹² Nikolova, N., (2012). Drought periods in South Bulgaria in the context of climate change. Geographica Pannonica, 16(1), 18–27.
- ⁹³ Nikolova N., Radeva, K. (2017). Data Processing for Assessment of Meteorological and Hydrological Drought. 2nd International Conference on Information Technology in Disaster Risk Reduction (ITDRR), Oct 2017, Sofia, Bulgaria. pp.145-160, <10.1007/978-3-030-18293-9_13>. <hal-02280318>
- ⁹⁴ Nikolova, N., Radeva, K., Todorov, L., & Matev, S. (2024). Drought Dynamics and Drought Hazard Assessment in Southwest Bulgaria. Atmosphere, 15(8), 888. <https://doi.org/10.3390/atmos15080888>
- ⁹⁵ Malcheva K, Marinova, T., Evgeniev, R., (2024). Automated geostatistical analysis and mapping of SPI using open-source software. BJMH, 28 /2
- ⁹⁶ Stoyanova, R., & Nikolova, N. (2022). Meteorological drought in Southwest Bulgaria (1961–2020). Journal of the Geographical Institute “Jovan Cvijić”, 72(2), 197–214
- ⁹⁷ Nikolova, N., (2013). The impact of drought on main crops in Northeastern Bulgaria. Forum Geografic, 12(1), 79–86
- ⁹⁸ Matev, S.; Dimitrova, A.; Nikolova, N.; Marcheva, Z.; Radeva, K. (2026). Shifting from Meteorological to Hydrological Drought at a Regional Scale: A Case Study of Bulgaria. Geographies 2026, 6, 36, <https://doi.org/10.3390/geographies6020036>
- ⁹⁹ Пак там.
- ¹⁰⁰ Nikolova, N., Radeva, K., Todorov, L., & Matev, S. (2024). Drought Dynamics and Drought Hazard Assessment in Southwest Bulgaria. Atmosphere, 15(8), 888. <https://doi.org/10.3390/atmos15080888>
- ¹⁰¹ Radeva K., N. Nikolova, M. Gera, 2018. Assessment of hydro-meteorological drought in the Danube Plain, Bulgaria, Hrvatski geografski glasnik/Croatian Geographical Bulletin, 80(1):7-25
- ¹⁰² Dimitrov, Y., & Ilcheva, I. (2021). Application of an indicator system for integrated space-time analysis and drought management in Northwestern Bulgaria. In Proceedings of the XXIX Conference of the Danubian Countries on Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management (pp. 172–180). Brno, Czech Republic: Conference Proceedings. ISBN 978-80-7653-031-7.
- ¹⁰³ Георгиева В., В. Казанджиев. (2015). Почвено засушаване – степени и условия за възникване. Сб. Доклади от Международна конференция Посветена на Международната година на почвите и 140-та годишнина от рождението на Никола Пушкин “Почвата и технологиите в променяния се свят”, 11-15 Май, София, България.
- ¹⁰⁴ Александров, В., (2006). Върху пространственото разпределение на почвеното засушаване в България, http://meteorology.meteo.bg/soil_drought_1.pdf.
- ¹⁰⁵ Georgieva, V., Moteva, M., Kazandjiev, V. (2006). Impact of climate change on water supply probability of winter wheat in Bulgaria. Agriculturae Conspectus Scientificus Journal, Vol. 72, No. 1, 39-44.
- ¹⁰⁶ Georgieva V., Moteva, M., Kazandjiev, V. (2009). Contemporary Water Supply of Winter Wheat in Southern Bulgaria. XXXIII CIOSTA CIGR V Conference “Technology and management to ensure sustainable agriculture, agro systems, forestry and safety”, Italy, 1265-1270 p
- ¹⁰⁷ Александров, В., (редактор) (2011). Методи за мониторинг, оценка и въздействие на сушата в България. Изд. БАН, 216 стр.
- ¹⁰⁸ Georgieva V., Kazandjiev, V. (2013). Climate change and agrometeorological conditions for growing winter crops in Bulgaria. Scientific papers, series A. Agronomy, v. LVI, p.459-46
- ¹⁰⁹ Georgieva, V., (2015). Soil Water Content Dynamics and Climate Change Impact Journal of Balkan Ecology, vol. 18, N3, 239-257, 2015
- ¹¹⁰ Месечен хидрометеорологичен бюлетин, НИМХ, <https://bulletins.cfd.meteo.bg/>
- ¹¹¹ Годишен хидрометеорологичен бюлетин, НИМХ, https://bulletins.cfd.meteo.bg/bull/Godishen_buletin_NIMH_2024.pdf
- ¹¹² Nikolova, N., (2013). The impact of drought on main crops in Northeastern Bulgaria. Forum Geografic, 12(1), 79–86
- ¹¹³ Alexandrov, V., Hoogenboom, G. (2000). Vulnerability climate variability and change on crop yield in Bulgaria. Agricultural and Forest Meteorology, 104, 315–327.
- ¹¹⁴ А, Александров, В., (2011). Сушата в България. Брошура Център за управление на засушаването в Югоизточна Европа ЦУЗЮ, с. 44.

- ¹¹⁵ Попова, З., Иванова, М., Перейра, Л. С., Бонева, К., Донева, К., Александров, В. Керчева, М., Александрова, П. (2014). Оценка на риска от промени на климата и уязвимост към суша в зоната на Черноземите, Северна България. Почвзнание агрохимия и екология, год. XLVIII, № 3-4, 90–105.
- ¹¹⁶ Popova, Z., Ivanova, M., Pereira, L., Alexandrov, V., Kercheva, M., Doneva, K., Martin, D. (2015). Drought and climate change in Bulgaria: assessing maize crop risk and irrigation requirements in relation to soil and climate region. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 21 (No 1) 2015, 35-53
- ¹¹⁷ Месечен хидрометеорологичен бюлетин – юли 2025 г., Национален институт по метеорология и хидрология, 2025.
https://bulletins.cfd.meteo.bg/bull/Buletin_NIMH_202507.pdf
- ¹¹⁸ Ilcheva, I., Yordanova, A., Ljubenova, Kr., Drumeva, G., & Rainova, V. (2022). Approach and Indicator system for assessment the impacts of reservoirs and prolonged drought identification in Bulgaria for Water framework directive. 22nd International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2022, Section Hydrology & Water Resources, <https://doi.org/10.5593/sgem2022/3.1/s12.07>
- ¹¹⁹ Чиликова-Любомирова М. (2013). Засушаване – политики и мерки в хидроложки аспект. Проблеми на географията-БАН, 3-4, 69-82
- ¹²⁰ Nikolova N., Radeva, K. (2017). Data Processing for Assessment of Meteorological and Hydrological Drought. 2nd International Conference on Information Technology in Disaster Risk Reduction (ITDRR), Oct 2017, Sofia, Bulgaria. pp.145-160, (10.1007/978-3-030-18293-9_13). (hal-02280318)
- ¹²¹ Matev, S.; Dimitrova, A.; Nikolova, N.; Marcheva, Z.; Radeva, K. (2026). Shifting from Meteorological to Hydrological Drought at a Regional Scale: A Case Study of Bulgaria. Geographies 2026, 6, 36, <https://doi.org/10.3390/geographies6020036>
- ¹²² Radeva K., N. Nikolova, M. Gera, 2018. Assessment of hydro-meteorological drought in the Danube Plain, Bulgaria, Hrvatski geografski glasnik/Croatian Geographical Bulletin, 80(1):7-25
- ¹²³ Yordanova, A., Ilcheva, I., Bocheva, L., Malcheva, K., & Ljubenova, K. (2022). Analysis of hydrological drought indices and their relationship with meteorological factors and river basin specifics. In Proceedings of the 22nd International Multidisciplinary Scientific GeoConference, SGEM 2022, 2-11 July 2022, Albena, Bulgaria. Vol. 22, Issue 3, pp 41-48. DOI 10.5593/sgem2022/3.1/s12.05.
- ¹²⁴ Ilcheva, I., Yordanova, A., Ljubenova, Kr., Drumeva, G., & Rainova, V. (2022). Approach and Indicator system for assessment the impacts of reservoirs and prolonged drought identification in Bulgaria for Water framework directive. 22nd International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2022, Section Hydrology & Water Resources, <https://doi.org/10.5593/sgem2022/3.1/s12.07>
- ¹²⁵ Alexandrov, A., Radeva S., (2010). SPI as an indicator of drought in South Bulgaria. In: López Fran cos A.(comp.), López-Fran cos A. (collab.). Economics of drought and drought preparedness in a climate changecontext. Zaragoza: CIHEAM / FAO / ICARD A / GD AR / CEIGRAM / MARM, 2 01 0. p. 11 3-11 5 (OptionsMéditerranéennes : Série A. Sémin aires Méditerranéens; n. 95).
- ¹²⁶ Nikolova, N., Radeva, K., Todorov, L., & Matev, S. (2024). Drought Dynamics and Drought Hazard Assessment in Southwest Bulgaria. Atmosphere, 15(8), 888. <https://doi.org/10.3390/atmos15080888>
- ¹²⁷ Matev, S.; Dimitrova, A.; Nikolova, N.; Marcheva, Z.; Radeva, K. (2026). Shifting from Meteorological to Hydrological Drought at a Regional Scale: A Case Study of Bulgaria. Geographies 2026, 6, 36, <https://doi.org/10.3390/geographies6020036>
- ¹²⁸ Yordanova, A., Ilcheva, I., Bocheva, L., Malcheva, K., & Ljubenova, K. (2022). Analysis of hydrological drought indices and their relationship with meteorological factors and river basin specifics. In Proceedings of the 22nd International Multidisciplinary Scientific GeoConference, SGEM 2022, 2-11 July 2022, Albena, Bulgaria. Vol. 22, Issue 3, pp 41-48. DOI 10.5593/sgem2022/3.1/s12.05.
- ¹²⁹ Z. Popova, M. Ivanova, L. Pereira, V. Alexandrov, M. Kercheva, K. Doneva, D. Martin. (2015). Drought and climate change in Bulgaria: assessing maize crop risk and irrigation requirements in relation to soil and climate region. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 21 (No 1) 2015, 35-53
- ¹³⁰ DrumevaAntonova, G., Ljubenova, K., Ilcheva, I., Yordanova, A., Rainova, V. (2022). Characterization of the Groundwater Affects in Hydrological Drought Assessment JOURNAL OF BALKAN ECOLOGY Volume 25, No 3, 317-327
- ¹³¹ Georgieva V., St. Radeva, V. Kazandjiev, 2017. On the relationship between atmospheric and soil drought in some agricultural regions of South Bulgaria. BJMH, vol. 22, №3-4, 42-54.
- ¹³² Malcheva K, T. Marinova, R. Evgeniev. (2024). Automated geostatistical analysis and mapping of SPI using open-source software. BJMH, 28 /2 (2024)
- ¹³³ Dimitrov, Y., & Ilcheva, I. (2021). Application of an indicator system for integrated space-time analysis and drought management in Northwestern Bulgaria. In Proceedings of the XXIX Conference of the Danubian Countries on Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management (pp. 172–180). Brno, Czech Republic: Conference Proceedings. ISBN 978-80-7653-031-7.
- ¹³⁴ Ilcheva, I., Yordanova, A., Ljubenova, Kr., Drumeva, G., & Rainova, V. (2022). Approach and Indicator system for assessment the impacts of reservoirs and prolonged drought identification in Bulgaria for Water framework directive. 22nd International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2022, Section Hydrology & Water Resources, <https://doi.org/10.5593/sgem2022/3.1/s12.07>
- ¹³⁵ Dimitrov, Y., & Ilcheva, I. (2021). Application of an indicator system for integrated space-time analysis and drought management in Northwestern Bulgaria. In Proceedings of the XXIX Conference of the Danubian Countries on Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management (pp. 172–180). Brno, Czech Republic: Conference Proceedings. ISBN 978-80-7653-031-7
- ¹³⁶ Yordanova, A., Ilcheva, I., Bocheva, L., Malcheva, K., & Ljubenova, K. (2022). Analysis of hydrological drought indices and their relationship with meteorological factors and river basin specifics. In Proceedings of the 22nd International Multidisciplinary Scientific GeoConference, SGEM 2022, 2-11 July 2022, Albena, Bulgaria. Vol. 22, Issue 3, pp 41-48. DOI 10.5593/sgem2022/3.1/s12.05.
- ¹³⁷ Пак там.
- ¹³⁸ IPCC. 2021. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press
- ¹³⁹ European Environment Agency (EEA). 2023. Is Europe on track towards climate resilience? Status of reported national adaptation actions in 2021. Luxembourg: Publications Office of the European Union

¹⁴⁰ ALADIN-Climate/CNRM.

¹⁴¹ Пак там.

¹⁴² IPCC. 2021. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press

¹⁴³ European Environment Agency (EEA). 2023. Is Europe on track towards climate resilience? Status of reported national adaptation actions in 2021. Luxembourg: Publications Office of the European Union

¹⁴⁴ Oke, Timothy R. 1982. "The Energetic Basis of the Urban Heat Island." Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society 108 (455): 1–24

¹⁴⁵ Arnfield, A. John. 2003. "Two Decades of Urban Climate Research: A Review of Turbulence, Exchanges of Energy and Water, and the Urban Heat Island." International Journal of Climatology 23 (1): 1–26

¹⁴⁶ Концепцията за Local Climate Zones (LCZ) предоставя стандартизирана рамка за класифициране на урбанизираните територии според техните морфологични и повърхностни характеристики, което позволява пространствено детайлен анализ на градския климат. Stewart, Iain D., and Timothy R. Oke. 2012. "Local Climate Zones for Urban Temperature Studies." Bulletin of the American Meteorological Society 93 (12): 1879–1900.

¹⁴⁷ Brooks, H. E., Dotzek, N. (2007). The spatial distribution of severe convective storms and an analysis of their secular changes. Climate Extremes and Society. H. F. Diaz and R. Murnane, Eds., Cambridge University Press, 35–53.; Kunkel, K. and Coauthors (2013). Monitoring and understanding trends in extreme storms – state of knowledge. BAMS, 499–514.

¹⁴⁸ 148 WMO No. 1267: WMO atlas of mortality and economic losses from weather, climate and water extremes (1970–2019), 2021, Geneva, 90 pp., ISBN: 978-92-63-11267-5.

¹⁴⁹ Ranasinghe, R., A. C. Ruane, R. Vautard, N. Arnell, E. Coppola, F. A. Cruz, S. Dessai, A. S. Islam, M. Rahimi, D. Ruiz Carrascal, J. Sillmann, M. B. Sylla, C. Tebaldi, W. Wang, and R. Zaaboul, 2021: Climate Change Information for Regional Impact and for Risk Assessment. In Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1767–1926, doi: 10.1017/9781009157896.014.; Taszarek, M., Allen, J., Púčik, T., Groenemeijer, P., Czernecki, B., Kolendowicz, L., Lagouvardos, K., Kotroni, V., Schulz, W. (2019). A Climatology of Thunderstorms across Europe from a Synthesis of Multiple Data Sources. Journal of Climate, v. 32, 1819–1837. DOI: 10.1175/JCLI-D-18-0372.1.

¹⁵⁰ Pusic, T., Groenemeijer, P., Rädler, A. T., Tijssen, L., Nikulin, G., Prein, A. F., van Meijgaard, E., Fealy, R., Jacob, D., & Teichmann, C. (2017). Future changes in European severe convection environments in a regional climate model ensemble. J. Climate, 30, 6771–6794.

¹⁵¹ Климатични промени, 2010. Под редакцията на В. Александров. НИМХ – БАН, 44 стр.; Променящият се климат на България – данни и анализи (2023). Маринова, Т. и Бочева, Л. (ред.), НИМХ, е-ISBN 978-954-90537-3-9, <https://www.meteo.bg>, 105 стр.

¹⁵² Национален институт по метеорология и хидрология. Годишни и месечни бюлетини на НИМХ. <https://bulletins.cfd.meteo.bg/>

¹⁵³ Gospodinov, I., Dimitrova, T., Bocheva, L., Simeonov, P., & Dimitrov, R. (2015). Derecho-like event in Bulgaria on 20 July 2011. Atmospheric Research, 158, 254–273; Bocheva, L., Dimitrova, T., Penchev, R., Gospodinov, I., & Simeonov, P. (2018). Severe convective supercell outbreak over western Bulgaria on July 8, 2014. IDŐJÁRÁS, 122(2), 177–203; Chipilski, H. G., Tsonevsky, I., Georgiev, S., Dimitrova, T., Bocheva, L., & Wang, X. (2019). Analysis of a Case of Supercellular Convection over Bulgaria: Observations and Numerical Simulations. Atmosphere, 10(9), p. 486, ISSN: 2073-4433; Kostashki, B., Penchev, R., & Guerova, G. (2024). Severe Convection at Burgas Airport: Case Study 17 September 2022. Remote Sensing, 16(21), 4012, doi.org/10.3390/rs16214012.

¹⁵⁴ Bocheva, L., Marinova, T. (2016). Recent trends of thunderstorms over Bulgaria – climatological analysis. Journal of International Scientific Publications: Ecology and Safety, 10, ISSN: 1314-7234, 136–144.

¹⁵⁵ Bielec-Bakowska, Z. (2003). Long-term variation of thunderstorm occurrence in Poland in the 20-th century. Atmos. Res., 67–68, 35–52.

¹⁵⁶ Tsenova, B. D., Gospodinov, I. (2022). Temporal and Spatial Distribution of Lightning Activity over Bulgaria during the Period 2012–2021 Based ATDnet Lightning Data. Climate, 10, 184.

¹⁵⁷ Anderson, G., Klugmann, D. (2014). European lightning density using ATDnet data. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 14, 815–829.

¹⁵⁸ Tsenova, B. D., Gospodinov, I. (2022). Temporal and Spatial Distribution of Lightning Activity over Bulgaria during the Period 2012–2021 Based ATDnet Lightning Data. Climate, 10, 184.

¹⁵⁹ Bocheva, L. (2018). Long-Term Variation and Analysis of Hail Precipitation in Sofia Region. Science&Technologies, Vol. VIII, Number 2: Nautical and Environmental Studies, 44–49.

¹⁶⁰ Bocheva, L., Malcheva, K., Evgeniev, R. (2024). Recent Spatial Distribution and Frequency of Hail Precipitation in Bulgaria. Poster Session: Hail Climatology, Risk, and Loss, 4th European Hail Workshop, 05-07 March 2024, Karlsruhe, Germany.

¹⁶¹ Alexander, L., and Coauthors (2006). Global observed changes in daily climatic extremes of temperature and precipitation. J. Geophys. Res., 111, D05101, doi: 10.1029/2005JD006290; Min, S. K., Zhang, X., Zwiers, F., Hegerl, G. C. (2011). Human contribution to more intense precipitation extremes. Nature, 470, 378–381; Li, Y.-P., Chen, Y.-N., Sun, F., Li, Z., Fang, G.-H., Wang, F., Zhang, X.-Q., Li, B.-F. (2025). Contrasting trends of extreme rainfall and snowfall in the Northern Hemisphere. Adv. Clim. Change Res., 16, 1101–1112.

¹⁶² Bocheva, L., Marinova, T., Simeonov, P., Gospodinov, I. (2009). Variability and trends of extreme precipitation events over Bulgaria (1961–2005). Atmos. Research, Volume 93, Issues 1–3, 490–497; Bocheva, L., Marinova, T., Nikolova, Ts. (2014). Comparative analysis of severe storms, connected with extreme precipitation in Bulgaria (1951–2010). Journal of International Scientific Publications: Ecology and Safety, Volume 8, 461–468, ISSN 1314-7234 (Online), Published at: <http://www.scientific-publications.net>; Bocheva, L. (2015). Comparative analysis of heavy precipitation in non-mountainous regions of Bulgaria. 15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2015, www.sgem.org, SGEM2015 Conference Proceedings, ISBN 978-619-7105-38-4/ISSN 1314-2704, June 18-24, 2015, Book 4, 889–896; Bocheva, L., Malcheva, K. (2020). Climatological assessment of extreme 24-hour precipitation in Bulgaria during the period 1931–2019. Proceedings of 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020, Vol. 20, Iss. 4.1, pp. 357–364, DOI: 10.5593/sgem2020/4.1/s19.045; Svetozarevic, J., & Nikolova, N. (2021). Seasonal distribution of extreme precipitation months in Northwest Bulgaria. In Conference Proceedings Climate, atmosphere

- and water resources in the face of climate change (Vol. 3, pp. 15–22); Malcheva, K., Neykov, N., Bocheva, L., Stoycheva, A., & Neykova, N. (2026). Analysis of Precipitation and Regionalization of Torrential Rainfall in Bulgaria. *Climate*, 14(2), 39. <https://doi.org/10.3390/cli14020039>.
- ¹⁶³ Bocheva, L., Pophristov, V. (2019). Seasonal analysis of large-scale heavy precipitation events in Bulgaria. 10th Jubilee Conference of the Balkan Physical Union (BPU10), August 2018, Sofia, Bulgaria; Editors: T. M. Mishonov and A. M. Varonov, AIP Conference Proceedings 2075, 200017 (2019); <https://doi.org/10.1063/1.5099023>.
- ¹⁶⁴ Malcheva, K., Neykov, N., Bocheva, L., Stoycheva, A. & Neykova, N. (2026). Analysis of Precipitation and Regionalization of Torrential Rainfall in Bulgaria. *Climate*, 14(2), 39. <https://doi.org/10.3390/cli14020039>.
- ¹⁶⁵ Bocheva, L. (2015). Comparative analysis of heavy precipitation in non-mountainous regions of Bulgaria. 15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2015, www.sgem.org, SGEM2015 Conference Proceedings, ISBN 978-619-7105-38-4/ISSN 1314-2704, June 18–24, 2015, Book 4, 889–896.
- ¹⁶⁶ Bocheva, L., Pophristov, V. (2019). Seasonal analysis of large-scale heavy precipitation events in Bulgaria. 10th Jubilee Conference of the Balkan Physical Union (BPU10), August 2018, Sofia, Bulgaria; Editors: T. M. Mishonov and A. M. Varonov, AIP Conference Proceedings 2075, 200017 (2019); <https://doi.org/10.1063/1.5099023>.
- ¹⁶⁷ Бочева, Л. (2014). Климатични вариации и оценка на опасни метеорологични явления по конвективни бури над България (1961–2010). Автореферат, 49 стр., https://storm.cfd.meteo.bg/nsad/sites/storm.cfd.meteo.bg/nsad/files/lbocheva_PhD_avtoreferat.pdf.
- ¹⁶⁸ Simeonov, P., Georgiev, C. G. (2003). Severe wind/hail storms over Bulgaria in 1999–2001 period: synoptic- and meso-scale factors for generation. *Atmos. Res.*, 67–68, 629–643; Gospodinov, I., Dimitrova, T., Bocheva, L., Simeonov, P., & Dimitrov, R. (2015). Derecho-like event in Bulgaria on 20 July 2011. *Atmospheric Research*, 158, 254–273; Bocheva, L., Dimitrova, T., Penchev, R., Gospodinov, I. & Simeonov, P. (2018). Severe convective supercell outbreak over Western Bulgaria on July 8, 2014. *IDŐJÁRÁS*, 122(2), 177–203; Chipilski, H. G., Tsonevsky, I., Georgiev, S., Dimitrova, T., Bocheva, L. & Wang, X. (2019). Analysis of a Case of Supercellular Convection over Bulgaria: Observations and Numerical Simulations. *Atmosphere*, 10(9), p. 486, ISSN: 2073-4433.
- ¹⁶⁹ Simeonov, P., Bocheva, L., Gospodinov, I. (2013). On space-time distribution of tornado events in Bulgaria (1956–2010) with brief analyses of two cases. *Atmos. Research*, Volume 123, 61–70; Bocheva, L., Gospodinov, I. (2015). Tornado climatology for Bulgaria (2001–2010). *Bulgarian Chemical Communications*, 47, Special Issue B, 405–411; Бочева, Л., Симеонов, П. (2016). Случаи на торнадо в България, регистрирани от началото на 21. век – създаване на база данни и анализ. In: *Proceedings of the 3rd Bulgarian National Congress on Physical Sciences*, Sofia, Bulgaria, Sep. 29 – Oct. 02, 2016, S06.16-1-9 [DVD: ISBN 978-954-580-364-2] Heron Press: Sofia.
- ¹⁷⁰ Valcheva, R., & Spiridonov, V. (2021). Climate change projections of infrastructure-hazardous phenomena (heavy rainfall and wind) in Bulgaria. *Bul. J. Meteo & Hydro* 25(2), pp. 24–44.
- ¹⁷¹ Valcheva, R., & Spiridonov, V. (2023). Regional climate projections of heavy precipitation over the Balkan Peninsula. *IDŐJÁRÁS*, Vol. 127, No. 1, pp. 77–106.
- ¹⁷² Valcheva, R., Popov, I., Gerganov, N. (2024) Convection-Permitting Future Climate Simulations for Bulgaria under the RCP8.5 Scenario. *Atmosphere* 2024, 15, 91, <https://doi.org/10.3390/atmos15010091>.
- ¹⁷³ Kouzмова, K. (2003). *Agrometeorology*, Academic Publishing of Agricultural University, Plovdiv, Bulgaria, 198 pp.
- ¹⁷⁴ Пак там.
- ¹⁷⁵ Kouzмова, K., Ivanova, D., Georgieva, V., & Kazandjiev, V. (2020). The production tendencies of main grain crops in Bulgaria under contemporary agrometeorological conditions and climate changes. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, 63(1).
- ¹⁷⁶ Kazandjiev, V., Georgieva, V., Ivanov, M., Mihova, G., & Uhr, Z. (2023). Evaluation of the productivity of different varieties of winter wheat in the conditions of the future climate until 2030-2050. *Agriculture and Food*, 11(1), 187-194.
- ¹⁷⁷ Пак там.
- ¹⁷⁸ Пак там.
- ¹⁷⁹ Пак там.
- ¹⁸⁰ Ivanova A., N. Tsenov, D. Atanasova, V. Dochev - Evaluation of winter wheat productivity under contrasting environments in Climate Change: Challenges and Opportunities in Agriculture, *Proceedings Agrisafe Final Conference*, March 2011, Budapest Hungary.
- ¹⁸¹ Tsenov, N., & Atanasova, D. (2015). Influence of environments on the amount and stability of grain yield in the modern winter wheat cultivars II. Evaluation of each variety. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 21(6), 1128-39.
- ¹⁸² Пак там.
- ¹⁸³ Tsenov, N., Atanasova, D., Stoeva, I., & Tsenova, E. (2015). Effects of drought on grain productivity and quality in winter bread wheat. *Bulgarian Journal Agricultural Sciences*, 21, 592-598.
- ¹⁸⁴ Tsenov, N., & Atanasova, D. (2015). Influence of environments on the amount and stability of grain yield in the modern winter wheat cultivars II. Evaluation of each variety. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 21(6), 1128-39.
- ¹⁸⁵ Delibaltova, V., Kuneva, V., Dalle, M., Razpopov, D., Manhart, S., & Mitkov, I. (2023). Comparative study of productive and quality indicators of wheat varieties in the north-eastern Bulgarian region. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, 66(1).
- ¹⁸⁶ Georgieva, R. (2025). Reaction of corn hybrids to biostimulator application. *Research Journal of Agricultural Science*, 57(1).
- ¹⁸⁷ Gubarov, T., & Delibaltova, V. (2020). Evaluation of wheat varieties by the stability of grain yield in multienvironmental trials. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 26(2).
- ¹⁸⁸ Gubarov, T., Yanchev, I. & Tsenov, N. (2016). Effect of the environments on the productivity-related characters in common winter wheat. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 22(6), 927-935.
- ¹⁸⁹ Hristov, N., Djuric, V., Mladenov, N., Kondic-Spika, A., Marjanovic-Jeromela, A. & Simic, D. (2010). Genotype by environment interactions in wheat quality breeding programs in southeast Europe. *Euphytica*, 174(3), 313-324. DOI 10.1007/s10681-009-0100-8
- ¹⁹⁰ Ilieva, D., (2011). Comparative studies on the common varieties in the northeast Bulgaria. *Field Crops Studies*, 50. 58–61.
- ¹⁹¹ Ivanov, G., Ur, Z. & Delchev, G. (2018). Evaluation of yield and stability of varieties of common winter wheat grown under the conditions of organic and conventional agriculture. *New Knowledge*, 7(2), 266-272.

- ¹⁹² Muhova, A., Stefanova-Dobreva, S., Stoyanov, H., Ur, Z., & Bonchev, B. (2026). Productivity of modern Bulgarian and Polish winter triticale varieties in three locations in Bulgaria. *Agronomy Research*, 24(1), 226-240.
- ¹⁹³ Stoyanov, H. (2025). Productivity and stability of a collection of common winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars under contrasting growing conditions. *Bulgarian Journal of Crop Science*, 62(1), 38-50.
- ¹⁹⁴ Tsenov, N., Gubатов, T., & Yanchev, I. (2020). Effect of date of heading on variation of basic components of productivity of winter wheat. *Journal of Central European Agriculture*, 21(4), 751–762.
- ¹⁹⁵ Tsenov, N., Gubатов, T., Yanchev, I., & Sevov, A. (2022). Estimation of heritability and genetic advance for grain yield and its components in common wheat (*Triticum aestivum* L.) under genotype by environmental interaction. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 28(3), 459–469
- ¹⁹⁶ Atanasov, D., Zorovski, P., & Beluhova-Uzunova, R. (2020). Technical And Economic Efficiency Of Ancient Wheat Species, Grown Under Different Technologies Of Organic Fertilization. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 20(3), 109-117.
- ¹⁹⁷ Romyana, G., Vanya, D., & Hristofor, K. (2023). Agronomic Performances and Correlations between Quantitative and Qualitative Indices in High-productive Maize Hybrids (*Zea mays* L.). *Agricultural Research*, 11(3), 517-524.
- ¹⁹⁸ Kirchev, H., Georgieva, R., & Delibaltova, V. (2024). Variability of some indicators of triticale varieties ($\times$ *Triticosecale* Wittm.) compared to the grain yield. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, 67(1).
- ¹⁹⁹ Delibaltova, V., Manhart, S., Stoychev, I., & Nedyalkov, M. (2024). Comparative research of productive and qualitative indicators in lavender varieties cultivated in eastern Bulgaria. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, 67(1).
- ²⁰⁰ Georgieva, R., Kirchev, H., Delibaltova, V., Chavdarov, P., & Uhr, Z. (2021). Investigation of some agricultural performances of lavender varieties. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, 31(1), 170-178.
- ²⁰¹ Georgieva, R., Kirchev, H., Delibaltova, V., Matev, A., Chavdarov, P., Raycheva, T. (2022). Essential Oil Chemical Composition of Lavender Varieties Cultivated in an Untraditional Agro-Ecological Region. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, 32 (1), 98-105.
- ²⁰² Georgieva, R. (2024). Assessment of the productive potential and essential oil quality of *Salvia sclarea* after leaf treatment. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, 67(1).
- ²⁰³ Keranova, N. (2024). Study of the ecological stability of some essential oil and oilseed technical crops in Bulgaria. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, 67(1).
- ²⁰⁴ Пак там.
- ²⁰⁵ Georgieva, R., Delibaltova, V., & Chavdarov, P. (2022). Change in agronomic characteristics and essential oil composition of coriander after application of foliar fertilizers and biostimulators. *Industrial Crops and Products*, 181, 114819.
- ²⁰⁶ Keranova, N. (2024). Study of the ecological stability of some essential oil and oilseed technical crops in Bulgaria. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, 67(1).
- ²⁰⁷ Georgieva, R. (2025). Agricultural performance of oil-bearing rose under organic fertilisation. *Research Journal of Agricultural Science*, 57(1).
- ²⁰⁸ Doneva, S. (2026). Characteristics of technological properties of grain and flour of Bulgarian winter common wheat varieties. *Bulg. J. Agric. Sci.*, 32(1), 94–99.
- ²⁰⁹ Tsenov, N., Gubатов, T., & Yanchev, I. (2020). Effect of date of heading on variation of basic components of productivity of winter wheat. *Journal of Central European Agriculture*, 21(4), 751–762.
- ²¹⁰ Tsenov, N., Gubатов, T., Yanchev, I., & Sevov, A. (2022). Estimation of heritability and genetic advance for grain yield and its components in common wheat (*Triticum aestivum* L.) under genotype by environmental interaction. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 28(3), 459–469
- ²¹¹ Atanasov, D., Zorovski, P., & Beluhova-Uzunova, R. (2020). Technical And Economic Efficiency Of Ancient Wheat Species, Grown Under Different Technologies Of Organic Fertilization. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 20(3), 109-117.
- ²¹² Georgieva, R. 2019. Content and yield of protein of triticale when treated with plant stimulants and different fertilization levels. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*, 2019, 22 (2), 94-101
- ²¹³ Ilieva, D., (2011). Comparative studies on the common varieties in the northeast Bulgaria. *Field Crops Studies*, 50. 58–61.
- ²¹⁴ Tsenov, N., Gubатов, T., Yanchev, I., & Sevov, A. (2022). Estimation of heritability and genetic advance for grain yield and its components in common wheat (*Triticum aestivum* L.) under genotype by environmental interaction. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 28(3), 459–469
- ²¹⁵ Kirchev, H., Delibaltova, V. (2016). Genotypic specific features of common wheat varieties (*Triticum aestivum* L.). Yield and quality of grain. *International Journal for Research in Agricultural Research*, 2(2), 47–58.
- ²¹⁶ Mihova, G., & Dimitrova-Doneva, M. (2021). Analysis for grain yield and some quality traits in bulgarian bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agricultural Sciences/Agrarni Nauki*, 13(29).
- ²¹⁷ Манева, В., Атанасова, Д., & Сотирова, К. (2024). Биохимичен състав на някои сортове ечемик, отглеждан в различни системи на земеделие. *Bulgarian Journal of Crop Science*, 61(5), 13-20.
- ²¹⁸ Алексиев, Г., Петрова, Н., & Желева, В. Зелената сделка на ЕС-как производството на храни ще се промени от новите енергийни политики. [link](#)
- ²¹⁹ Атанасов, Д. Р. Д. Роля на иновациите за икономическото развитие на селското стопанство. Монография. Академично издателство на Аграрния университет Пловдив 2023
- ²²⁰ Иванова, П. (2024). Мерки за устойчиво развитие и опазване на околната среда. *New Knowledge Journal of Science/Novo Znanie*, 13(4).
- ²²¹ Пак там.
- ²²² Georgieva, V.; Kazandjiev, V.; Bozhanova, V.; Mihova, G.; Ivanova, D.; Todorovska, E.; Uhr, Z.; Ilchovska, M.; Sotirov, D.; Malasheva, P. Climatic Changes—A Challenge for the Bulgarian Farmers. *Agriculture* 2022, 12, 2090.
- ²²³ Copernicus Climate Change Service (C3S). (2024). ERA5-Land monthly averaged data from 1950 to present. Copernicus Climate Data Store (CDS). Retrieved from <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-land-monthly-means> .

- ²²⁴ Muñoz Sabater, J. (2019). ERA5-Land monthly averaged data from 1950 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). <https://doi.org/10.24381/cds.68d2bb30>.
- ²²⁵ Министерство на земеделието и храните на Република България. (2010–2024). Добиви от полски култури: Годишни бюлетини № 187 – 460. Отдел „Агροстатистика“. Извлечено от <https://www.mzh.government.bg/bg/politiki-i-programi/informacionno-obshtzhvane-i-statistika/agrostatistika/>
- ²²⁶ Ballester, J., Quijal-Zamorano, M., Méndez Turrubiates, R.F. et al. Heat-related mortality in Europe during the summer of 2022. *Nat Med* 29, 1857–1866 (2023).
- ²²⁷ Gallo E, Quijal-Zamorano M, Méndez Turrubiates RF, Tonne C, Basagaña X, Achebak H, Ballester J. Heat-related mortality in Europe during 2023 and the role of adaptation in protecting health. *Nat Med*. 2024 Nov;30(11):3101–3105.
- ²²⁸ Masselot P, M Mistry, J Vanoli, R Schneider, T lungman, D Garcia-Leon, JC Ciscar, L Feyen, H Orru, A Urban, S Breitner, V Huber, A Schneider, E Samoli, M Stafoggia, F de'Donato, S Rao, B Armstrong, M Nieuwenhuijsen, AM Vicedo-Cabrera, A Gasparrini, on behalf of MCC Collaborative Research Network and EXHAUSTION project, Excess mortality attributed to heat and cold: a health impact assessment study in 854 cities in Europe, *Lancet Planet Health* 2023; 7: e271–81.
- ²²⁹ Khomenko S, A Burov, A Dzhambov, K de Hoogh, M Helbich, B Mijling, I Hlebarov, I Popov, D Dimitrova, R Dimitrova, I Markevych, N Germanova, D Brezov, T lungman, F Montana, X Chen, U Gehring, H Khreis, N Mueller, B Zapata-Diomed, J Zhang, M Nieuwenhuijsen, Health burden and inequities of urban environmental stressors in Sofia, Bulgaria, *Environmental Research*, Volume 279, Part 1, 2025.
- ²³⁰ Патъндън, С., Никифоров, Б. и Армстронг, Б.Г. (2003). Смъртност и температура в София и Лондон. *Списание за епидемиология и здраве на общността*, 57(8), стр.628–633.
- ²³¹ Пак там.
- ²³² Masselot P, M Mistry, J Vanoli, R Schneider, T lungman, D Garcia-Leon, JC Ciscar, L Feyen, H Orru, A Urban, S Breitner, V Huber, A Schneider, E Samoli, M Stafoggia, F de'Donato, S Rao, B Armstrong, M Nieuwenhuijsen, AM Vicedo-Cabrera, A Gasparrini, on behalf of MCC Collaborative Research Network and EXHAUSTION project, Excess mortality attributed to heat and cold: a health impact assessment study in 854 cities in Europe, *Lancet Planet Health* 2023; 7: e271–81
- ²³³ Dimitrova R., S. Georgiev, A. Dzhambov, V. Ivanov, T. Panev and T. Georgieva, Study of the Relationship Between Urban Microclimate, Air Pollution, and Human Health in the Three Biggest Cities in Bulgaria, *Urban Sci*. 2026, 10, 69
- ²³⁴ Национален профил на риска от бедствия в България, Оценка на риска от екстремни горещини в България, 2021.
- ²³⁵ European Environment Agency. (2025, September 29). Climate-related economic losses: Bulgaria. In Europe's environment 2025. <https://www.eea.europa.eu/en/europe-environment-2025/countries/bulgaria/climate-related-economic-losses>
- ²³⁶ GuideBG. (2025). Tide of change: Confronting Bulgaria's worsening flood crisis. <https://www.guidebg.com/tide-of-change-bulgarias-worsening-flood-crisis/>
- ²³⁷ Lawrence, K. (2025, November 16). Study reveals major crisis with more than \$1 billion price tag: “Eaten up.” The Cool Down [резюме на анализ на S. Usman, University of Mannheim, и изследователи от Европейската централна банка].
- ²³⁸ World Bank Group. (2018, October 19). A call for urgent acceleration of climate adaptation solutions [Country brief]. <https://www.worldbank.org/en/country/bulgaria/brief/a-call-for-urgent-acceleration-of-climate-adaptation-solutions>
- ²³⁹ Za Zemiata. (2022). Разследване: обществени поръчки за доставка на варовик в ТЕЦ „Марица-изток 2“. <https://www.zazemiata.org/varovik-razsledvane-maritsa-iztok2/>
- ²⁴⁰ Capital.bg. (2026, 10 юли). „Мини Марица-изток“: дупка за милиард. https://www.capital.bg/biznes/energetika/2026/07/10/4933506_mini_marica-iztok_dupka_zha_miliard/
- ²⁴¹ Capital.bg. (2025, 3 юни). Загубата на „Мини Марица-изток“ се е увеличила двойно до 270 млн. лева. https://www.capital.bg/biznes/energetika/2025/06/03/4790169_zagubata_na_mini_marica-iztok_se_e_uvelichila_dvoyno/
- ²⁴² Health and Environment Alliance, CAN Europe, European Environmental Bureau, & WWF European Policy Office. (2016). Europe's dark cloud: How coal-burning countries make their neighbours sick. <https://www.env-health.org/lifting-europes-dark-cloud-how-cutting-coal-saves-lives/>
- ²⁴³ Кели, Д., Татари, В., Миливирта, Л. (2024). Въздействие на забавеното извеждане от експлоатация на въглищни електроцентрали в България върху качеството на въздуха. Достъпно на: <https://www.greenpeace.org/static/planet4-bulgaria-stateless/2024/03/20240131-BG-FINAL-GPBG-CREA-future-health-impacts-2.pdf>
- ²⁴⁴ Human Rights Watch (2025). “Like a Prisoner in My Home”. Достъпно на: <https://www.hrw.org/report/2025/12/08/like-a-prisoner-in-my-home/coal-fueling-toxic-air-in-bulgaria>.
- ²⁴⁵ Ministry of Environment and Water, 12 March 2026. An Infringement procedure against Bulgaria for lack of access to justice over air quality has been closed. Достъпно на: <https://www.moew.government.bg/en/an-infringement-procedure-against-bulgaria-for-lack-of-access-to-justice-over-air-quality-has-been-closed/>.
- ²⁴⁶ Върховен административен съд (ВАС), съобщение, 18.05.2026 г., Върховният административен съд отмени дерогацията на „ТЕЦ Марица Изток - 2“ ЕАД след поредица от дела на Сдружение „За земята-достъп до правосъдие“, достъпно на: <https://sac.justice.bg/novini/2026/varhovniyat-administrativen-sad-otmeni-derogatsiyata-na-tets-maritsa-iztok-2-e/>
- ²⁴⁷ Лиу, Х., Уанг, Р., Барбароса, В., Моголон, Х., Беренс, П. (2021). Неутолимата жажда на енергетиката. Достъпно на: <https://www.greenpeace.org/static/planet4-bulgaria-stateless/2021/07/24ca543b-greenpeace-bulgaria-doklad-neutolimata-jajda-na-energetikata.pdf>
- ²⁴⁸ Институт за икономически изследвания при БАН (2024). Икономическо развитие и политики в България 2024: оценки и очаквания. https://www.iki.bas.bg/files/Doklad_2024_color_c.pdf
- ²⁴⁹ Todorov, I., & Angelova, G. (2023). ECONOMIC GROWTH, INCOME DISPARITY AND GREENHOUSE GAS EMISSIONS: THE CASE OF BULGARIA. *Economic Studies*, 32(8), 22.

²⁵⁰ Министерство на околната среда и водите. (2019). Национална стратегия и план за действие за адаптация към изменението на климата на Република България, МОСВ.

²⁵¹ Закон за ограничаване изменението на климата. (посл. изм. и доп. ДВ, бр. 102 от 2023 г.).

²⁵² Министерство на енергетиката на Република България. (2024). Интегриран национален план „Енергетика и климат“ на Република България 2021–2030

²⁵³ Министерство на околната среда и водите. (2020). Дългосрочна стратегия за ограничаване изменението на климата до 2050 г.

²⁵⁴ EU taxonomy for sustainable activities. Достъпно на: https://finance.ec.europa.eu/sustainable-finance/tools-and-standards/eu-taxonomy-sustainable-activities_en.

²⁵⁵ Министерство на околната среда и водите (2026). Водните кризи на България: Анализ и решения. Достъпно на:

https://www.moew.government.bg/static/media/ups/tiny/filebase/Water/OPVodi/%D0%90%D0%BA%D1%82%D1%83%D0%B0%D0%BB%D0%BD%D0%BE%20%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D0%B8/%D0%9C%D0%9E%D0%A1%D0%92_%D0%94%D0%BE%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4%20%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%B5%20%D0%BA%D1%80%D0%B8%D0%B7%D0%B8%20%D0%BD%D0%B0%20%D0%91%D1%8A%D0%BB%D0%B3%D0%B0%D1%80%D0%B8%D1%8F_2026.pdf?fbclid=IwY2xjawUd1GBwZG9mBWV4dG4DYWVtAjEwAGJyaWQRMXVlVkc1JqVEVCZHVvTThzcnRjBmFwcF9pZBAyMjIwMzkxNzg4MjAwODkyAAEe214mMiEmTzVL3arGeiialGRxWDJgYCacpyGu5etZChid4b_pZdLLS4uaUXc_aem_FHhfzvw6Lf-dUvVku_Rk5Q

СОФИЙСКИ
УНИВЕРСИТЕТ



„СВ. КЛИМЕНТ
ОХРИДСКИ“
ОСНОВАН 1888 г.

СУ “СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ”
СТОПАНСКИ ФАКУЛТЕТ
2026 г.

